

SUCCESSÃO ARROZ-FEIJÃO IRRIGADOS POR ASPERSÃO: EFEITOS DE ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS, ADUBAÇÃO E CULTIVAR NO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO RADICULAR E CONSUMO D'ÁGUA DO FEIJOEIRO¹

LUÍS FERNANDO STONE² e ANA LÚCIA PEREIRA³

RESUMO - Estudaram-se, durante três anos, os efeitos de espaçamentos entre linhas (30, 40 e 50 cm), de adubações (300 e 500 kg/ha de 4-30-16), de resíduos de adubações aplicadas ao arroz (250, 400 e 550 kg/ha de 4-30-16), e de cultivares (EMGOPA 201-Ouro, Carioca, TC 1558-1 e Mineiro Precoce), sobre o crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água pelo feijoeiro cultivado em sucessão ao arroz, sob pivô central. A partir do segundo ano, as duas últimas cultivares foram substituídas por 'Safira' e 'RH 7-23'. Em geral, a duração da área foliar (D) aumentou com o incremento da adubação e com a redução do espaçamento. O efeito da adubação sobre o peso da matéria seca dependeu do espaçamento e da cultivar. O efeito do espaçamento sobre este parâmetro variou com as diferentes cultivares. Com maior adubação, a maioria das cultivares apresentou correlação positiva entre D e produção de grãos. A distribuição relativa do sistema radicular e o consumo d'água foram pouco afetados pelos tratamentos.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, pivô central, índice de área foliar, produção de matéria seca, coeficiente de cultura.

RICE-COMMON BEAN ROTATION UNDER SPRINKLER IRRIGATION: EFFECTS OF ROW SPACING, FERTILIZATION, AND CULTIVAR ON GROWTH, ROOT DEVELOPMENT AND WATER CONSUMPTION OF COMMON BEAN

ABSTRACT - Effect of row spacings (30, 40 and 50 cm), fertilizer levels (300 and 500 kg/ha of formula 4-30-16), cultivars (EMGOPA 201-Ouro, Carioca, TC 1558-1 and Mineiro Precoce), and residual fertilizer levels, applied to the previous rice crop (250, 400 e 550 kg/ha of formula 4-30-16) were studied, during three years, on the growth, root development and water consumption of common bean planted in rotation with rice under center pivot. Mineiro Precoce and TC 1558-1 cultivars were replaced by 'RH 7-23' and 'Safira', from the second year onwards. In general, increasing fertilization and reducing row spacing resulted in leaf area duration (D) increase. The effect of fertilization on dry matter yield depended on row spacing and cultivar. The effect of row spacing on that parameter was variable in different cultivars. At the highest fertilizer level, most of the cultivars showed positive correlation between D and grain yield. Relative root distribution and water consumption were little affected by the treatments.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, center pivot, leaf area index, dry matter yield, crop coefficient.

INTRODUÇÃO

A análise do crescimento é um método que descreve as condições morfo-fisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo e se propõe a

acompanhar a dinâmica da produção fotossintética, avaliada através da acumulação de matéria seca. O método pode ser usado para a investigação do efeito de fenômenos ecológicos sobre o crescimento, como a adaptabilidade de espécies em ecossistemas diversos, efeitos de competição, diferenças genotípicas de capacidade produtiva e influência de práticas agrônômicas, entre outros (Magalhães, 1979).

A área foliar é, em geral, excelente indicador da capacidade fotossintética da planta, e sua de-

¹ Aceito para publicação em 3 de fevereiro de 1994

² Eng.-Agr., Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), bolsista do CNPq, Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO.

³ Enga.-Agr., bolsista do CNPq.

terminação é importante para estudos de nutrição, competição e relações solo-água-plantas (Benincasa et al., 1976). Em estudos com soja, Buttery (1969) observou que aumentando a população de plantas havia incremento no índice de área foliar (L). Valores máximos de L ocorreram mais cedo, à medida que aumentava a densidade de semeadura, devido, provavelmente, à maior competição entre plantas. A adubação propiciou ligeiro incremento do L e aumentou o peso final das plantas. Brandes et al. (1973), trabalhando com a cultivar de feijão Rico 23 (tipo II), também verificaram que maiores valores de L estavam associados a maiores densidades de semeadura. Além disto, quanto maior era a densidade de semeadura, mais precocemente ocorria o valor máximo de L. Embora os valores de L geralmente aumentem quando a densidade de semeadura é aumentada, nem sempre se correlacionam positivamente com a produção de grãos (Silva, 1975). Quando se reduz a densidade de semeadura, as plantas apresentam, individualmente, valores mais altos de área foliar, o que normalmente se traduz em maior rendimento por planta. Entretanto, este maior rendimento, em muitos casos, não chega a compensar a capacidade produtiva de populações maiores. Wallace & Munger (1965), estudando seis cultivares de feijão, concluíram que as mais produtivas apresentaram maior área foliar e maior razão de área foliar.

Em condições irrigadas, é de grande importância conhecer os efeitos de práticas agronômicas que alterem a área foliar sobre o consumo d'água e o desenvolvimento radicular, para o adequado planejamento da irrigação. Oliveira & Silva (1990) observaram efeito da área foliar na demanda de água pelas plantas do feijoeiro, sendo a maior demanda verificada na época de maior L, no estágio final da floração e no início da formação das vagens. Estes mesmos autores observaram que após os 55 dias do ciclo da cultura as raízes paralizaram seu crescimento em profundidade. Cerca de 83% das raízes se concentraram nos primeiros 40 cm de profundidade. Caixeta et al. (1983) verificaram que 75% das raízes do feijoeiro irrigado estão concentrados até a profundidade de 20 cm.

O objetivo deste trabalho foi determinar como a adubação e o espaçamento entre linhas afetam o

crescimento, o desenvolvimento radicular e o consumo d'água de cultivares e linhagens de feijão com diferentes tipos de planta.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido, durante três anos (1990, 1991 e 1992), um experimento com a cultura do feijoeiro, sob pivô central, na Fazenda Capivara, do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, Go, em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico. O feijão foi plantado em parcelas anteriormente adubadas de maneira diferenciada, e cultivadas com arroz.

Os tratamentos consistiram da combinação de quatro cultivares/linhagens (EMGOPA 201-Ouro, Carioca, TC 1558-1 e Mineiro Precoce), três espaçamentos entre linhas (30, 40 e 50 cm), duas adubações (300 e 500 kg/ha da fórmula 4-30-16) e três adubações aplicadas à cultura anterior (250, 400 e 550 kg/ha da fórmula 4-30-16). Para a cultivar Carioca utilizou-se o espaçamento de 60 cm entre linhas em lugar do de 30 cm. A partir do segundo ano, a linhagem TC 1558-1 e a cultivar Mineiro Precoce foram substituídas pela cultivar Safira e pela linhagem RH 7-23, respectivamente. A cultivar Carioca é do tipo III, com crescimento indeterminado e plantas prostradas. As cultivares EMGOPA 201-Ouro e Safira e a linhagem TC 1558-1 são do tipo II, com crescimento indeterminado e plantas eretas. As duas últimas apresentam plantas mais eretas do que a primeira. A cultivar Mineiro Precoce e a linhagem RH 7-23 são do tipo I, crescimento determinado e plantas eretas. Elas são precoces, com ciclo de cerca de 75 dias. As demais são de ciclo médio, cerca de 90 dias. Detalhes dos experimentos foram apresentados em trabalho anterior (Stone & Pereira, 1994).

A análise do crescimento foi realizada no primeiro e no terceiro ano, e foram considerados, com relação à adubação, apenas dois tratamentos extremos: 500 kg/ha de 4-30-16 aplicados ao feijoeiro, associados com 550 kg/ha de 4-30-16 aplicados à cultura precedente, e 300 kg/ha de 4-30-16 aplicados ao feijoeiro, associados com 250 kg/ha de 4-30-16 aplicados à cultura precedente.

Foram feitas dez amostragens semanais de plantas, com duas repetições, começando no décimo quarto dia após a emergência, no primeiro ano, e onze amostragens semanais, começando no décimo dia após a emergência, no terceiro ano. Em cada uma delas coletavam-se três plantas por tratamento. Determinou-se a área foliar com medidor de área marca LI-COR, modelo LI 3000. Após a secagem das plantas em estufa a 75°C, determinou-se o peso da matéria seca (W_s). O índice de área foliar (L) foi obtido pela multiplicação da área foli-

ar média de uma planta, em m^2 , pelo número de plantas por m^2 . As curvas de W_t e L em função do tempo foram ajustadas pelas seguintes equações:

$$W_t = ae^{(b_1 t + c_1 t^2)}$$

$$L = a_1 e^{(b_1 t + c_1 t^2)}$$

Os coeficientes foram estimados através de análise de regressão, após transformação das equações para a forma logarítmica. A duração da área foliar (D), expressa em dias, foi obtida pela integração da curva de L em função do tempo.

Para a obtenção das curvas de W_t e L , foram considerados os dados de 1990 e 1992, no caso da cultivares EMGOPA 201-Ouro e Carioca, os dados de 1992 no caso da cultivar Safira e da linhagem RH 7-23, e os de 1990, no caso da cultivar Mineiro Precoce e linhagem TC 1558-1.

Além da análise de crescimento, em 1990 foi determinada, para todos os tratamentos, a densidade radicular, em $g.dm^{-3}$, das cultivares/linhagens estudadas naquele ano. Para tanto, foram coletadas, por tratamento, com um trado de $0,5 dm^3$ de volume, amostras de raízes mais solo até 80 cm de profundidade, em intervalos de 20 cm. As raízes foram separadas do solo por lavagem e peneiramento, conforme método descrito por Jones et al. (1979) e depois secadas em estufa a $75^\circ C$, e pesadas. As amostragens foram feitas por ocasião da floração, entre as linhas de plantas.

De 1990 a 1992, por ocasião do estágio de formação e enchimento das vagens, foi determinado o consumo d'água pelas plantas do feijoeiro, nos mesmos tratamentos em que se fez a análise de crescimento. Para determinação do consumo d'água, considerou-se o perfil do solo até 80 cm de profundidade e utilizou-se o método do balanço hídrico do campo, conforme descrito em Silveira & Stone (1979), desprezando-se o escoamento superficial, porque o balanço foi feito em período sem precipitação pluvial e com irrigação controlada. Consideraram-se os valores obtidos através do balanço hídrico como representativos da evapotranspiração máxima (ETm), uma vez que a cultura foi irrigada de modo a não haver restrição de umidade no solo. Através da relação entre ETm e a evapotranspiração do cultivo de referência (ETo), calculou-se o coeficiente de cultura (Kc). A ETo foi estimada por meio da evaporação do tanque Classe A (ECA). A ECA foi transformada em ETo através do coeficiente do tanque (Kp), que leva em conta o clima e o meio circundante ao tanque. Assim:

$$ETo = ECA \times Kp$$

$$Kc = ETm/ETo$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas ajustadas de L e W_t em função da idade da planta, nos diversos tratamentos, são apresentadas nas Fig. 1 a 6. Para todos os tratamentos, o ajuste foi significativo a 1%, sendo o menor valor de R^2 igual a 0,74 para L e 0,82 para W_t (Tabelas 1 e 2).

De maneira geral, a cultivar EMGOPA 201-Ouro apresentou os maiores valores de L e a cultivar de ciclo precoce, Mineiro Precoce, os menores. Comparando o pico das curvas (L máximo), observa-se que o maior valor de L foi 6,9 da cultivar EMGOPA 201-Ouro, semeada no espaçamento de 50 cm entre linhas, e adubada com a maior dose (500 kg/ha de 4-30-16). O menor valor foi 2,4 da 'Mineiro Precoce', no espaçamento de 30 cm entre linhas e adubada com a mesma dose. Neste espaçamento e nesta adubação, houve maior ocorrência de doenças (bacteriose e ferrugem) nesta cultivar, o que reduziu sua área foliar.

Na menor dose de adubo (Fig. 1b a 6b), os valores máximos de L ocorreram mais cedo nos espaçamentos mais reduzidos, no caso das cultivares EMGOPA 201-Ouro, Carioca, Safira e Mineiro Precoce. Na 'RH 7-23' não houve efeito dos espaçamentos, e na 'TC 1558-1' verificou-se o contrário, ocorrendo o valor máximo mais cedo, no espaçamento mais amplo. Neste espaçamento, ao contrário das demais, esta cultivar apresentou maior área foliar, o que causou maior competição entre as plantas. A ocorrência do pico de L mais cedo com o aumento da população de plantas por área foi também relatado por Brandes et al. (1973), em relação a feijão, e por BATTERY (1969), em relação a soja. Estes autores atribuíram este efeito à maior competição entre plantas, o que induz a senescência mais precoce das folhas.

Quando foi utilizada a maior dose de adubo (Fig. 1a a 6a), este efeito só foi observado nas cultivares EMGOPA 201-Ouro e Safira. Estas cultivares, nos espaçamentos que propiciaram maior área foliar, apresentaram uma antecipação no pico de L em relação aos demais. Nas demais cultivares/linhagens, a maior adubação parece ter diminuído o efeito da competição, e em todos os espaçamentos os picos ocorreram na mesma época.

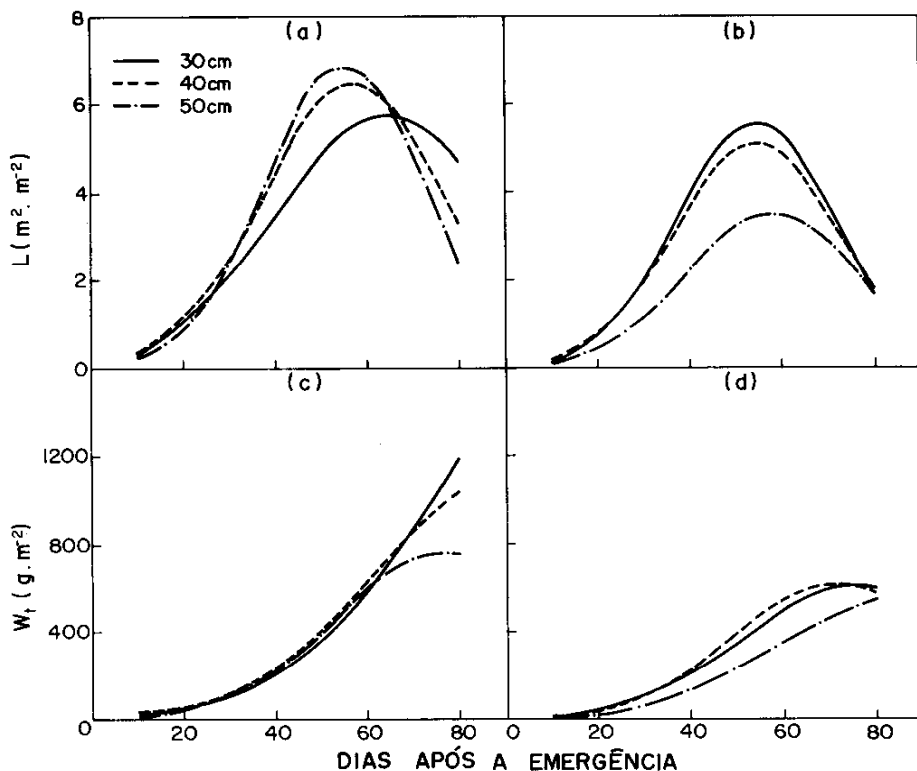


FIG. 1. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da cultivar de feijão EMGOPA 201-Ouro, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente, b e d - 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente).

É difícil observar diretamente os efeitos da adubação e dos espaçamentos entre linhas sobre o índice de área foliar das cultivares/linhagens estudadas, uma vez que, em determinados tratamentos, as curvas de L se cruzaram durante o ciclo da cultura. Assim, um tratamento que apresente os menores valores de L na fase inicial do ciclo pode apresentar os maiores valores na fase final. Para contornar este problema, usou-se a duração da área foliar (Tabela 3) para fazer comparações. Observa-se que a maior adubação aumentou o valor de D em todas as cultivares/linhagens e em todos os espaçamentos entre linhas, com exceção apenas das cultivares Safira e Mineiro Precoce e da linhagem RH 7-23, no espaçamento mais amplo, em que ela causou redução da D . Buttery (1969) veri-

ficou, em soja, incremento, no índice de área foliar, com o aumento da adubação.

Na menor adubação, D aumentou à medida que o espaçamento entre linhas foi reduzido, no caso das cultivares EMGOPA 201-Ouro, Carioca e Safira e da linhagem RH 7-23. Buttery (1969), Brandes et al. (1973) e Silva (1975) verificaram que o índice de área foliar geralmente aumenta quando a população de plantas é aumentada. Na linhagem TC 1558-1, o maior valor de D foi obtido no espaçamento mais amplo. Quando se aumenta a população de plantas, as plantas individuais apresentam, individualmente, valores mais baixos de área foliar, o que, no caso desta linhagem, aparentemente não foi compensado pelo maior número de plantas por área. Brandes et al. (1973) e Costa et

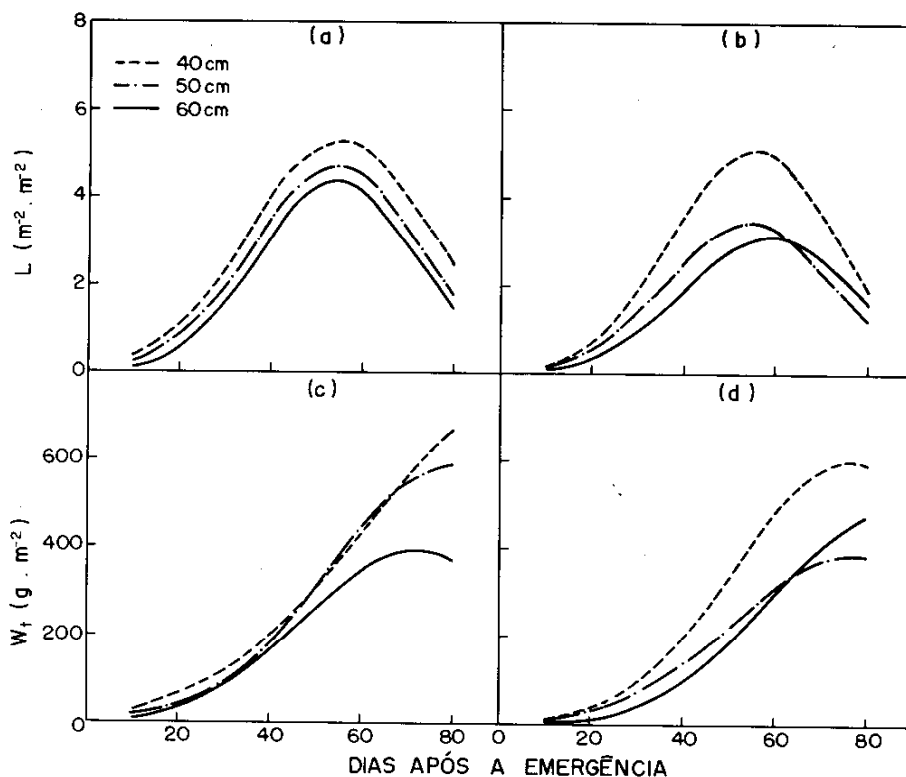


FIG. 2. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da cultivar de feijão Carioca, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente, b e d - 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente).

al. (1983) observaram maiores áreas foliares por planta com a redução da densidade de semeadura, o que indica ser o feijoeiro uma espécie altamente plástica, especialmente nas cultivares de hábito indeterminado, reagindo prontamente às condições externas. No caso da 'Mineiro Precoce', o valor de D no espaçamento de 40 cm entre linhas foi maior que nos demais espaçamentos. Com a maior dose de adubação, o comportamento de D em face dos espaçamentos entre linhas, nas cultivares Carioca, Safira e Mineiro Precoce e na linhagem RH 7-23, foi semelhante ao verificado com a menor dose. A cultivar EMGOPA 201-Ouro e a linhagem TC 1558-1, por sua vez, apresentaram maior valor de D no espaçamento de 40 cm entre linhas.

Nas cultivares EMGOPA 201-Ouro e Carioca, na maior adubação (Fig. 1c a 6c), o peso final da matéria seca foi maior à medida que o espaçamento entre linhas era reduzido. Com a cultivar Safira e linhagens RH 7-23 e TC 1558-1, ocorreu o contrário: os maiores valores de W_t foram obtidos com os maiores espaçamentos entre linhas. No caso da cultivar Mineiro Precoce, conforme discutido anteriormente, por motivo de doença os menores valores de W_t foram obtidos no espaçamento de 30 cm entre linhas, e os maiores, no espaçamento de 40 cm. Na menor dose de adubação (Fig. 1d a 6d), o comportamento de W_t em face dos espaçamentos entre linhas, nas cultivares/linhagens EMGOPA 201-Ouro, Carioca, TC 1558-1 e Mineiro Precoce, foi semelhante ao ve-

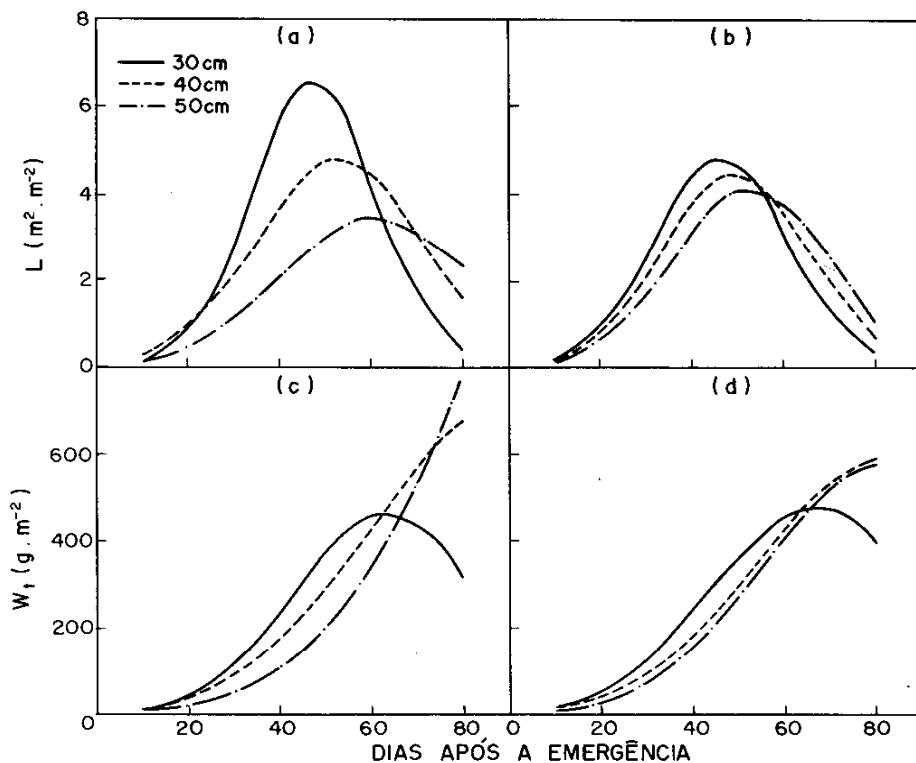


FIG. 3. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da cultivar de feijão Safira, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente, b e d - 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente).

rificado na maior dose. Na cultivar Safira, apesar de o menor valor de W_t continuar sendo verificado no espaçamento de 30 cm entre linhas, não houve diferença entre os valores de W_t obtidos nos outros espaçamentos. No caso da 'RH 7-23', o menor valor de W_t foi verificado no espaçamento de 40 cm entre linhas; não houve diferença entre os valores obtidos nos outros espaçamentos.

A correlação entre área foliar e produtividade biológica tem-se mostrado inconsistente em leguminosas. Weber et al. (1966) observaram que a produção total de matéria seca em soja apresentou alta correlação com o índice de área foliar acumulado. Por outro lado, Kueneman et al. (1979), trabalhando com cinco cultivares de feijão, não encontraram correlação significativa entre área foliar e produtividade biológica. No presente estudo, não

houve correlação significativa entre D e W_t , apenas para as cultivares Carioca e Safira, na menor dose de adubação, e para a cultivar EMGOPA 201-Ouro e linhagem TC 1558-1, na maior dose (Tabela 4). Na maior adubação, a correlação foi negativa na cultivar Safira na linhagem RH 7-23. Isto significa, nestas cultivares e nas que não apresentaram correlação significativa, que o peso de outras partes da planta foi afetado pelos espaçamentos entre linhas de maneira diversa da ocorrida na área foliar. De acordo com Harper (1977), durante o crescimento de plantas sob desequilíbrio fisiológico devido à elevada densidade populacional torna-se alterada a repartição de fotossintatos entre as diferentes estruturas. Observa-se, por outro lado, que na menor adubação a maioria das cultivares/linhagens apresentou correlação positi-

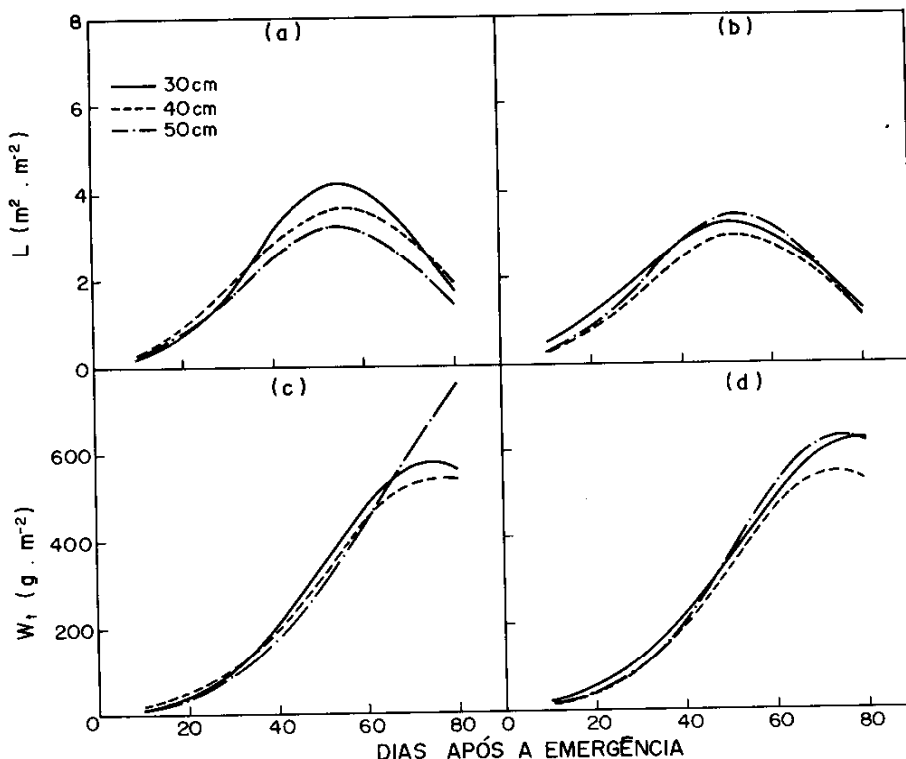


FIG. 4. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da linhagem de feijão RH 7-23, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente, b e d - 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente).

va entre D e W_t , o que indica que, em condições de menor desenvolvimento da área foliar, a produtividade biológica destas cultivares está relacionada com sua área foliar.

A maior adubação aumentou o peso final da matéria seca da cultivar EMGOPA 201-Ouro, em todos os espaçamentos entre linhas. Na cultivar Carioca na linhagem TC 1558-1, apenas no espaçamento mais amplo não houve aumento; houve, inclusive, uma redução de W_t neste espaçamento. No caso da cultivar Safira e da linhagem RH 7-23, esta redução ocorreu no menor espaçamento; houve aumento de W_t nos demais, com exceção do espaçamento de 40 cm entre linhas na linhagem RH 7-23, em que não houve efeito da adubação sobre W_t . Na cultivar Mineiro Precoce houve aumento de W_t com o incremento da adubação ape-

nas no espaçamento de 40 cm; nos demais, houve redução do peso da matéria seca. Este comportamento de W_t em face da adubação não foi semelhante ao comportamento de L, o que indica que, além da área foliar, outras partes da planta foram afetadas pela adubação.

Há inconsistência, em leguminosas, quanto à relação entre produção de grãos e produção total de matéria seca. Shibles & Weber (1966), em soja, verificaram que a produção de grãos não se correlacionou com a produtividade biológica. Por outro lado, Kueneman et al. (1979), estudando cinco cultivares de feijão, observaram correlação positiva e significativa entre produção de grãos e produtividade biológica.

No presente trabalho, apenas na cultivar Safira e na linhagem TC 1558-1, ambas de porte mais

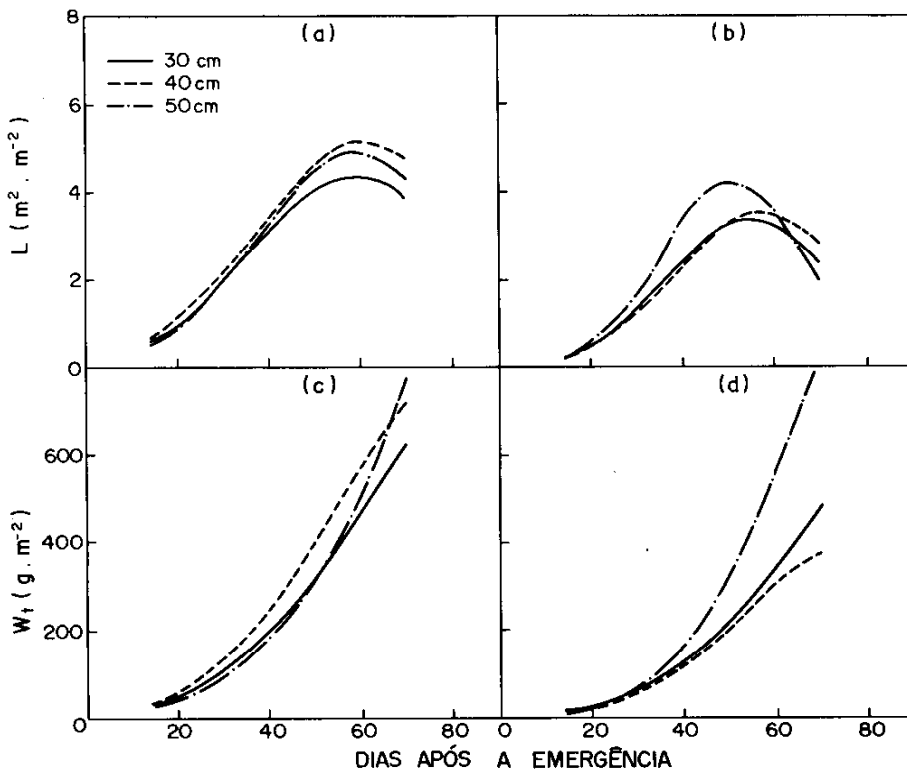


FIG. 5. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da linhagem de feijão TC 1558-1, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente, b e d - 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente).

ereto, e na cultivar Mineiro Precoce, de menor área foliar, houve correlação significativa entre produção de grãos e W_t (Tabela 4). Na primeira cultivar, a correlação só foi significativa na menor adubação, e na segunda, a correlação foi significativa na maior adubação. Na cultivar Mineiro Precoce, a correlação foi significativa em ambas as adubações. Parece que, em leguminosas, a repartição dos fotossintatos entre as diferentes partes da planta é mais importante que a quantidade produzida, na definição da produção de grãos. Shibles & Weber (1966) observaram, em soja, que a produção de grãos foi uma função da utilização diferencial de fotossintatos entre a produção vegetal e de grãos. Wallace et al. (1976) afirmam que a repartição de fotossintatos exerce um papel funda-

mental na determinação da produção de grãos do feijoeiro.

Em condições de adubação mais baixa, como discutido anteriormente, a área foliar correlacionou-se com a produção total de matéria seca, mas não houve correlação entre esta e a produção de grãos. Desta maneira, como era de se esperar, não houve correlação significativa entre duração da área foliar e produção de grãos (Tabela 4), exceto no que se refere à cultivar Mineiro Precoce. Esta cultivar apresentou correlação significativa entre D e W_t e entre W_t e produção de grãos. Em condições de maior adubação, de maneira geral, a área foliar não esteve correlacionada positivamente com a produção total de matéria seca, nem esta com a produção de grãos. Houve, entretanto, cor-

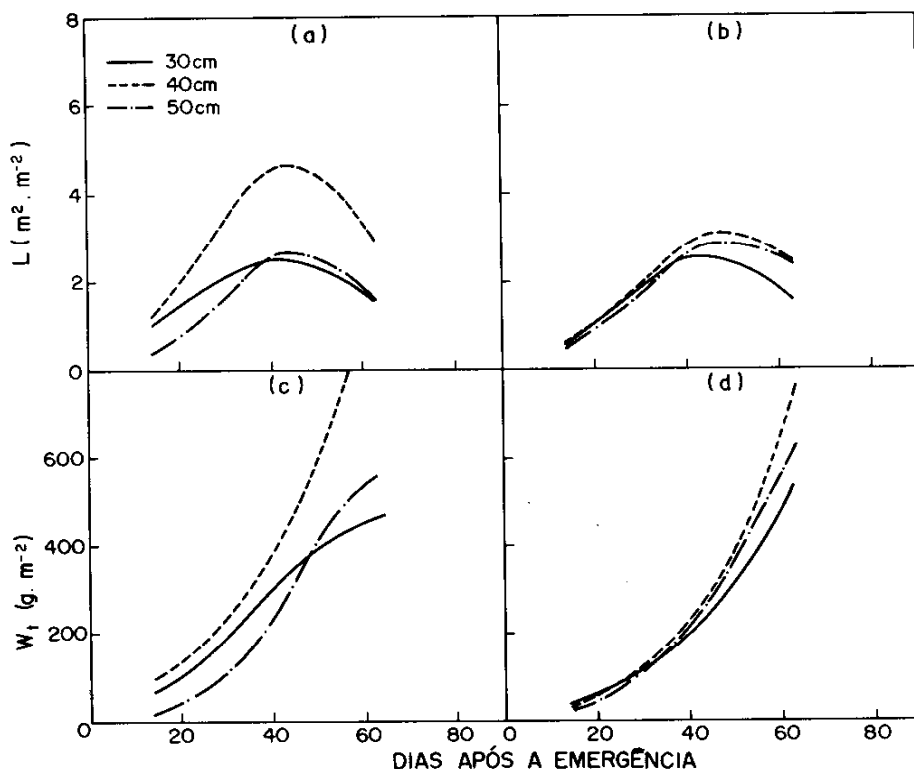


FIG. 6. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da cultivar de feijão Mineiro Precoce, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente, b e d - 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente).

relação significativa entre duração da área foliar e produção de grãos, em todas as cultivares/linhagens, com exceção da RH 7-23. Isto significa que a maior produção de fotossintatos pelas folhas esteve associada à sua adequada transferência para os grãos, o que, aparentemente, não ocorreu com a menor adubação, exceto na 'Mineiro Precoce'.

Quando se consideraram as cultivares/linhagens conjuntamente, houve correlação linear, positiva e significativa, entre D e produção de grãos (Fig. 7). As cultivares com maior e menor duração da área foliar, EMGOPA 201-Ouro e Mineiro Precoce, respectivamente, apresentaram as maiores e as menores produtividades. Wallace & Munger (1965) também verificaram que as cultivares de

feijão mais produtivas apresentavam maior área foliar. Apesar deste fato, o manejo da área foliar de cada cultivar deve ser analisado cuidadosamente. No caso da 'Mineiro Precoce', quanto maior foi a área foliar, maior a produção de fotossintatos e maior a produção de biomassa e de grãos. Assim, até certo ponto, a área foliar desta cultivar pode ser maximizada, seja pela redução do espaçamento entre linhas, seja pelo aumento da adubação, o que propiciará maior produtividade. Isto está de acordo com Costa et al. (1983) e Westermann & Crothers (1977), que afirmam que cultivares de hábito determinado produzem mais com maior número de plantas por hectare. Nas cultivares/linhagens EMGOPA 201-Ouro, Carioca, Safira e TC 1558-1, apenas com alta adubação a produção de grãos

TABELA 1. Equações ajustadas do índice de área foliar em função de dias após a emergência do feijoeiro, para os diversos tratamentos.

| Cultivar/ Linhagem | Esp.entre linhas (cm) | Adubação 1 ¹ | | Adubação 2 ¹ | |
|-----------------------|-----------------------------|--|----------------|--|----------------|
| | | Equação | R ² | Equação | R ² |
| EMGOPA 201-Ouro | 30 | $L = 0,03 \text{ EXP}(0,19t - 1,73E-3t^2)$ | 0,93 | $L = 0,16 \text{ EXP}(0,11t - 8,66E-4t^2)$ | 0,89 |
| | 40 | $L = 0,05 \text{ EXP}(0,17t - 1,58E-3t^2)$ | 0,97 | $L = 0,09 \text{ EXP}(0,15t - 1,30E-3t^2)$ | 0,90 |
| | 50 | $L = 0,03 \text{ EXP}(0,16t - 1,41E-3t^2)$ | 0,95 | $L = 0,04 \text{ EXP}(0,18t - 1,67E-3t^2)$ | 0,94 |
| Carioca | 40 | $L = 0,04 \text{ EXP}(0,18t - 1,59E-3t^2)$ | 0,94 | $L = 0,10 \text{ EXP}(0,14t - 1,31E-3t^2)$ | 0,89 |
| | 50 | $L = 0,04 \text{ EXP}(0,16t - 1,48E-3t^2)$ | 0,94 | $L = 0,06 \text{ EXP}(0,16t - 1,48E-3t^2)$ | 0,86 |
| | 60 | $L = 0,02 \text{ EXP}(0,17t - 1,43E-3t^2)$ | 0,92 | $L = 0,02 \text{ EXP}(0,19t - 1,79E-3t^2)$ | 0,89 |
| Safira | 30 | $L = 0,03 \text{ EXP}(0,22t - 2,38E-3t^2)$ | 0,85 | $L = 0,01 \text{ EXP}(0,26t - 2,69E-3t^2)$ | 0,92 |
| | 40 | $L = 0,03 \text{ EXP}(0,20t - 1,97E-3t^2)$ | 0,76 | $L = 0,06 \text{ EXP}(0,16t - 1,53E-3t^2)$ | 0,94 |
| | 50 | $L = 0,03 \text{ EXP}(0,19t - 1,78E-3t^2)$ | 0,93 | $L = 0,04 \text{ EXP}(0,14t - 1,18E-3t^2)$ | 0,88 |
| RH 7-23 | 30 | $L = 0,18 \text{ EXP}(0,11t - 1,10E-3t^2)$ | 0,80 | $L = 0,05 \text{ EXP}(0,16t - 1,47E-3t^2)$ | 0,94 |
| | 40 | $L = 0,08 \text{ EXP}(0,13t - 1,25E-3t^2)$ | 0,94 | $L = 0,12 \text{ EXP}(0,11t - 1,10E-3t^2)$ | 0,91 |
| | 50 | $L = 0,07 \text{ EXP}(0,15t - 1,42E-3t^2)$ | 0,96 | $L = 0,08 \text{ EXP}(0,13t - 1,23E-3t^2)$ | 0,97 |
| TC 1558-1 | 30 | $L = 0,03 \text{ EXP}(0,17t - 1,54E-3t^2)$ | 0,93 | $L = 0,14 \text{ EXP}(0,12t - 1,00E-3t^2)$ | 0,98 |
| | 40 | $L = 0,03 \text{ EXP}(0,17t - 1,47E-3t^2)$ | 0,90 | $L = 0,17 \text{ EXP}(0,11t - 9,34E-4t^2)$ | 0,93 |
| | 50 | $L = 0,01 \text{ EXP}(0,23t - 2,26E-3t^2)$ | 0,88 | $L = 0,10 \text{ EXP}(0,13t - 1,14E-3t^2)$ | 0,99 |
| Mineiro Pre- coce | 30 | $L = 0,13 \text{ EXP}(0,13t - 1,47E-3t^2)$ | 0,74 | $L = 0,36 \text{ EXP}(0,09t - 1,01E-3t^2)$ | 0,81 |
| | 40 | $L = 0,14 \text{ EXP}(0,12t - 1,26E-3t^2)$ | 0,93 | $L = 0,27 \text{ EXP}(0,13t - 1,43E-3t^2)$ | 0,81 |
| | 50 | $L = 0,13 \text{ EXP}(0,12t - 1,23E-3t^2)$ | 0,90 | $L = 0,05 \text{ EXP}(0,17t - 1,84E-3t^2)$ | 0,81 |

1 Adubação 1 = 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente.

Adubação 2 = 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente.

esteve correlacionada à área foliar. Nestas cultivares, dependendo das condições, a repartição dos fotossintatos pode ser mais importante do que a quantidade produzida, na definição da produção de grãos. No caso da linhagem RH 7-23, a produção de grãos em nenhuma situação esteve correlacionada com a sua área foliar. Nesta cultivar, mais que da produção total de fotossintatos a produção de grãos dependeu da adequada distribuição deles entre as diferentes estruturas da planta.

A densidade radicular das cultivares estudadas (Tabela 5) foi menor no espaçamento de 60 cm, não havendo diferenças significativas entre as demais. Como a amostragem foi feita entre as linhas, na metade da distância entre elas, é possível que naquele espaçamento as raízes não se tenham desenvolvido o suficiente para explorar completamente todo o espaço entre as linhas, especialmente nas camadas mais superficiais. Por outro lado, apenas a 'Carioca' foi cultivada nesse espaçamen-

to, e apresentou a menor densidade radicular entre as cultivares estudadas. Assim, este efeito pode ser, em parte, devido também à cultivar. A Mineiro Precoce apresentou a maior densidade radicular. A diferença em relação às demais deveu-se exclusivamente à sua grande densidade de raízes na camada superficial (0-20 cm).

A adubação aplicada na cultura precedente afetou o sistema radicular do feijoeiro. Quanto maior a dose de adubo aplicada na cultura do arroz, maior a densidade radicular do feijoeiro. Com relação à adubação aplicada ao feijoeiro, ocorreu o contrário: maior a dose, menor a densidade radicular. Há inconsistência na literatura com relação aos efeitos da adubação sobre o crescimento radicular; entretanto Nanagara et al. (1976), em milho, e Roder et al. (1989), em soja e sorgo, observaram reduções no desenvolvimento radicular com o aumento da adubação nitrogenada.

Houve pouco efeito dos tratamentos na distri-

TABELA 2. Equações ajustadas do peso da matéria seca em função de dias após a emergência do feijoeiro, para os diversos tratamentos.

| Cultivar/ Linhagem | Esp.entre linhas (cm) | Adubação 1 ¹ | | Adubação 2 ¹ | |
|-----------------------|-----------------------------|---|----------------|---|----------------|
| | | Equação | R ² | Equação | R ² |
| EMGOPA 201-Ouro | 30 | Wt= 4,31 EXP(0,13t - 8,93E-4t ²) | 0,95 | Wt= 12,24 EXP(0,08t-3,46E-4t ²) | 0,94 |
| | 40 | Wt= 3,65 EXP(0,14t - 1,02E-3t ²) | 0,96 | Wt= 8,88 EXP(0,10t-5,71E-4t ²) | 0,91 |
| | 50 | Wt= 3,33 EXP(0,12t - 0,07E-4t ²) | 0,94 | Wt= 5,64 EXP(0,13t-8,27E-4t ²) | 0,89 |
| Carioca | 40 | Wt= 4,01 EXP(0,13t - 8,73E-4t ²) | 0,91 | Wt= 14,15 EXP(0,08t-4,41E-4t ²) | 0,85 |
| | 50 | Wt= 3,82 EXP(0,12t - 7,90E-4t ²) | 0,90 | Wt= 6,48 EXP(0,11t-6,91E-4t ²) | 0,93 |
| | 60 | Wt= 1,94 EXP(0,13t - 7,38E-4t ²) | 0,91 | Wt= 3,56 EXP(0,13t-9,18E-4t ²) | 0,82 |
| Safira | 30 | Wt= 4,49 EXP(0,14t - 1,05E-3t ²) | 0,96 | Wt= 3,32 EXP(0,16t-1,24E-3t ²) | 0,93 |
| | 40 | Wt= 6,21 EXP(0,11t - 6,81E-4t ²) | 0,97 | Wt= 6,87 EXP(0,10t-5,85E-4t ²) | 0,96 |
| | 50 | Wt= 3,32 EXP(0,13t - 7,91E-4t ²) | 0,99 | Wt= 5,22 EXP(0,09t-3,33E-4t ²) | 0,96 |
| RH 7-23 | 30 | Wt= 9,13 EXP(0,11t - 6,86E-4t ²) | 0,97 | Wt= 4,19 EXP(0,13t-8,89E-4t ²) | 0,95 |
| | 40 | Wt= 4,26 EXP(0,13t - 8,88E-4t ²) | 0,99 | Wt= 6,85 EXP(0,12t-7,61E-4t ²) | 0,94 |
| | 50 | Wt= 4,04 EXP(0,13t - 8,98E-4t ²) | 0,98 | Wt= 5,95 EXP(0,11t-5,68E-4t ²) | 0,99 |
| TC 1558-1 | 30 | Wt= 4,99 EXP(0,10t - 5,24E-4t ²) | 0,97 | Wt= 11,39 EXP(0,09t-4,66E-4t ²) | 0,99 |
| | 40 | Wt= 3,13 EXP(0,12t - 7,71E-4t ²) | 0,93 | Wt= 10,24 EXP(0,10t-6,40E-4t ²) | 0,94 |
| | 50 | Wt= 2,21 EXP(0,14t - 7,66E-4t ²) | 0,99 | Wt= 10,07 EXP(0,09t-3,50E-4t ²) | 0,99 |
| Mineiro Precoce | 30 | Wt= 16,51 EXP(0,07t - 2,64E-4t ²) | 0,97 | Wt= 19,82 EXP(0,10t-7,58E-4t ²) | 0,96 |
| | 40 | Wt= 12,06 EXP(0,08t - 2,99E-4t ²) | 0,99 | Wt= 44,60 EXP(0,06t-1,73E-4t ²) | 0,96 |
| | 50 | Wt= 8,32 EXP(0,10t - 5,67E-4t ²) | 0,98 | Wt= 2,85 EXP(0,16t-1,18E-3t ²) | 0,94 |

¹ Adubação 1 = 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente.

Adubação 2 = 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente.

TABELA 3. Duração da área foliar do feijoeiro, em dias, em diversos tratamentos.

| Cultivar/Linhagem | Adubação 1 ¹ | | | | Adubação 2 ¹ | | | |
|------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | Esp. entre linhas (cm) | | | | Esp. entre linhas (cm) | | | |
| | 30 | 40 | 50 | 60 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| EMGOPA 201-Ouro ² | 219,9 | 210,3 | 146,4 | - | 253,9 | 279,9 | 276,0 | - |
| Carioca ² | - | 211,9 | 143,2 | 127,1 | - | 232,2 | 197,2 | 172,0 |
| Safira ³ | 171,8 | 170,0 | 163,4 | - | 220,5 | 199,6 | 142,8 | - |
| RH 7-23 ³ | 150,6 | 132,1 | 147,8 | - | 176,7 | 168,6 | 144,4 | - |
| TC 1558-1 ⁴ | 118,9 | 120,5 | 138,4 | - | 163,3 | 189,7 | 178,6 | - |
| Mineiro Precoce ⁴ | 91,6 | 110,6 | 101,7 | - | 96,7 | 172,4 | 90,6 | - |

¹ Adubação 1 = 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente.

Adubação 2 = 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente.

² Média dos dados obtidos em 1990 e 1992.

³ Dados obtidos em 1992.

⁴ Dados obtidos em 1990.

TABELA 4. Coeficiente de correlação (r) do peso final da matéria seca (Wt, g.m⁻²) e da produção de grãos (PROD, kg.ha⁻¹) com a duração da área foliar (D, dia) e entre a produção de grãos e o peso final da matéria seca, em duas adubações, para as diversas cultivares/linhagens.

| Cultivar/Linhagens | Coeficiente de correlação | | | | | |
|--------------------|---------------------------|----------|-----------|-------------------------|----------|-----------|
| | Adubação 1 ¹ | | | Adubação 2 ¹ | | |
| | Wtx D | PROD x D | PROD x Wt | Wtx D | PROD x D | PROD x Wt |
| EMGOPA 201-Ouro | 0,96** | 0,01 | -0,28 | -0,66 | 0,81* | -0,09 |
| Carioca | 0,78 | 0,35 | -0,31 | 0,94** | 0,90* | 0,70 |
| Safira | -0,63 | -0,43 | 0,97* | -0,83* | 0,81* | -0,28 |
| RH 7-23 | 0,99** | 0,41 | 0,45 | -0,95** | 0,30 | -0,59 |
| TC 1558-1 | 0,95** | -0,38 | -0,07 | 0,73 | 0,97** | 0,87* |
| Mineiro Precoce | 0,99** | 0,99** | 0,98** | 0,97** | 0,86* | 0,96** |

¹ Adubação 1 = 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente.

Adubação 2 = 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente.

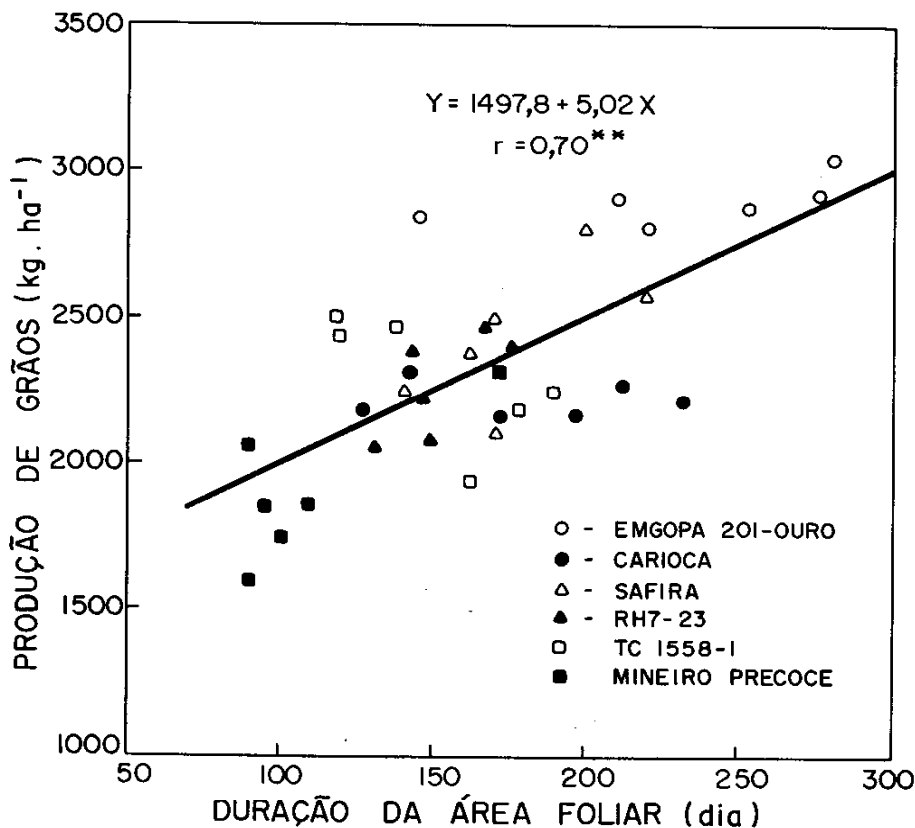


FIG. 7. Produção de grãos do feijoeiro, em função da duração da área foliar.

TABELA 5. Densidade radicular do feijoeiro (g.dm⁻³), nas diferentes profundidades do solo, nos diversos tratamentos.

| Tratamentos | Profundidade do solo (cm) | | | | Total |
|--|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 0-20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | |
| Adubação da cultura anterior (kg 4-30-16/ha) | | | | | |
| 250 | 0,414 | 0,138 | 0,026 | 0,015 | 0,593 |
| 400 | 0,626 | 0,106 | 0,027 | 0,014 | 0,773 |
| 550 | 0,623 | 0,178 | 0,034 | 0,016 | 0,851 |
| Adubação do feijoeiro (kg 4-30-16/ha) | | | | | |
| 300 | 0,608 | 0,142 | 0,028 | 0,012 | 0,790 |
| 500 | 0,504 | 0,139 | 0,030 | 0,018 | 0,691 |
| Espaçamento entre linhas (cm) | | | | | |
| 30 | 0,515 | 0,161 | 0,033 | 0,015 | 0,724 |
| 40 | 0,615 | 0,139 | 0,023 | 0,014 | 0,791 |
| 50 | 0,556 | 0,138 | 0,033 | 0,015 | 0,742 |
| 60 | 0,435 | 0,095 | 0,022 | 0,014 | 0,566 |
| Cultivares/linhagens | | | | | |
| EMGOPA 201-Ouro | 0,504 | 0,170 | 0,035 | 0,018 | 0,727 |
| Carioca | 0,416 | 0,126 | 0,019 | 0,014 | 0,575 |
| TC 1558-1 | 0,438 | 0,132 | 0,031 | 0,010 | 0,611 |
| Mineiro Precoce | 0,876 | 0,134 | 0,029 | 0,016 | 1,055 |

buição relativa do sistema radicular. Mais de 70% das raízes concentraram-se nos primeiros 20 cm de profundidade do solo (Fig. 8), e cerca de 90% delas situaram-se na camada de zero a 40 cm. Estes valores estão de acordo com os observados por Caixeta et al. (1983) e Oliveira & Silva (1990).

Em todos os tratamentos, por ocasião da floração, as plantas de feijão cobriam totalmente o solo. Desta maneira, houve pouco efeito dos espaçamentos entre linhas e da adubação sobre o consumo d'água pelo feijoeiro (Tabela 6), no período de medição. Os espaçamentos entre linhas afetaram um pouco mais o coeficiente de cultura, dependendo da cultivar. De maneira geral, este coeficiente foi maior nos espaçamentos que propiciaram maior área foliar. Guimarães et al. (1982) observaram que a evapotranspiração do feijoeiro foi maior na população de 300.000 plantas/ha em comparação com a de 200.000 plantas/ha. Com

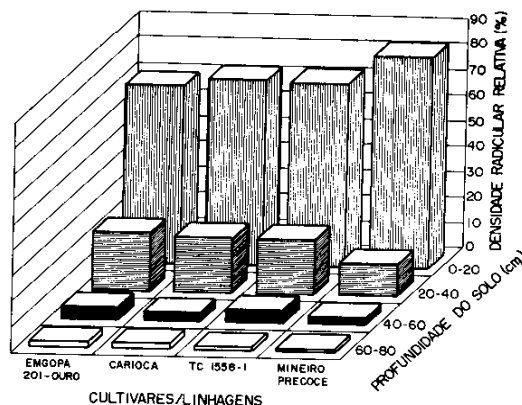


FIG. 8. Densidade radicular relativa das cultivares de feijão EMGOPA 201-Ouro, Carioca e Mineiro Precoce e da linhagem TC 1558-1, em diversas profundidades do solo.

TABELA 6. Coeficiente de cultura do feijoeiro, no estágio de formação e enchimento das vagens, em diversos tratamentos.

| Cultivar/Linhagem | Espaçamento entre linhas (cm) | | | | Adubação ¹ | |
|------------------------------|-------------------------------|------|------|------|-----------------------|------|
| | 30 | 40 | 50 | 60 | 1 | 2 |
| EMGOPA 201-Ouro ² | 0,83 | 0,82 | 0,78 | - | 0,82 | 0,80 |
| Carioca ² | - | 0,97 | 0,77 | 0,82 | 0,88 | 0,82 |
| Safira ³ | 0,90 | 0,88 | 0,87 | - | 0,88 | 0,88 |
| RH 7-23 ³ | 0,84 | 0,92 | 0,78 | - | 0,86 | 0,83 |
| TC 1558-1 ⁴ | 0,69 | 0,68 | 0,58 | - | 0,66 | 0,64 |
| Mineiro Precoce ⁴ | 0,82 | 0,81 | 0,81 | - | 0,82 | 0,82 |

¹ Adubação 1 = 300 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 250 kg/ha na cultura precedente.

Adubação 2 = 500 kg/ha de 4-30-16 no feijoeiro e 550 kg/ha na cultura precedente.

² Média dos dados obtidos em 1990 e 1992.

³ Dados obtidos em 1992.

⁴ Dados obtidos em 1990.

exceção da linhagem TC 1558-1, que apresentou os menores valores de Kc, as demais cultivares/linhagens apresentaram valores semelhantes para este coeficiente. Os valores de Kc observados neste estudo estão abaixo do determinado por Steinmetz (1984) para o período compreendido entre o desenvolvimento de vagens e a maturação, que foi de 1,04. Entretanto, estão de acordo com os valores determinados por Oliveira & Silva (1990).

CONCLUSÕES

1. Os valores máximos de índice de área foliar foram atingidos mais cedo nos espaçamentos entre linhas que propiciaram as maiores áreas foliares. O incremento da adubação atenuou este efeito em algumas cultivares.

2. De maneira geral, o índice e a duração da área foliar aumentaram com o incremento da adubação e com a redução do espaçamento entre linhas. O efeito da adubação sobre a produção de matéria seca dependeu do espaçamento entre linhas e da cultivar. O efeito do espaçamento sobre este parâmetro variou com as diferentes cultivares.

3. Na menor dose de adubação, a maioria das cultivares apresentou correlação significativa e positiva entre duração da área foliar e peso final da matéria seca.

4. A produção de grãos apresentou correlação significativa e positiva com a produtividade biológica apenas nas cultivares Safira e Mineiro Precoce e na linhagem TC 1558-1. Quanto à primeira cultivar, a correlação só foi significativa na menor adubação; e quanto à linhagem TC 1558-1, na maior.

5. Com mais adubação, a maioria das cultivares apresentou correlação significativa e positiva entre duração da área foliar e produção de grãos.

6. As cultivares mais produtivas apresentaram maior área foliar; entretanto, manejos que conduzem a aumento da área foliar em dada cultivar devem ser analisados cuidadosamente. Em certas condições, em algumas cultivares, mais importante do que a produção total de fotossintatos é sua adequada distribuição entre as diferentes estruturas da planta.

7. A distribuição relativa do sistema radicular foi pouco afetada pelos diferentes tratamentos. Cerca de 90% das raízes concentraram-se nos primeiros 40 cm de profundidade do solo.

8. A adubação e o espaçamento entre linhas tiveram pouco efeito sobre o consumo d'água. Entretanto, de maneira geral, o coeficiente de cultura foi maior nos espaçamentos que propiciaram maior área foliar.

REFERÊNCIAS

- BENINCASA, M.M.P.; BENINCASA, M.; LATANZE, R.J.; JUNQUETTI, M.T.G. Método não destrutivo para estimativa da área foliar de *Phaseolus vulgaris* L. (feijoeiro). *Científica*, Jaboticabal, v. 4, n.1., p.43-48, 1976.
- BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II -Análise de crescimento. *Experimentiae*, Viçosa, v. 15, n.1, p.1-21, 1973.
- BUTTERY, B.R. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.49, . 675-684, 1969.
- CAIXETA, T.J.; PURCINO, J.R.C.; SILVA, L. Irrigação de algumas culturas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 9, n. 100, p.65-76, 1983.
- COSTA, J.G. da; KOHASHI-SHIBATA, J.; COLIN, S.M. Plasticidade no feijoeiro comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 18, n.2, p. 159-167, 1983.
- GUIMARÃES, C.M.; STEINMETZ, S.; CASTRO, T. de A.P. e. Uso de microlisímetros na determinação da evapotranspiração do feijoeiro da seca. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. *Anais... Goiânia: EMBRAPA-CNPAP*, 1982. p. 133-137. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).
- HARPER, J.L. *Population biology of plants*. New York: Academic Press, 1977. 892 p.
- JONES, C.A.; TAN, N.V.; ZIMMERMANN, F.J.P. Root system development in upland rice on three Brazilian latosols. In: LAL, R.; GREENLAND, D.J. (Eds.). *Soil physical properties and crop production in the tropics*. New York: John Wiley, 1979. p.385-392.
- KUENEMAN, E.A.; WALLACE, D.H.; LUDFORD, P.M. Photosynthetic measurements of field-grown dry beans and their relation to selection for yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 104, n.4, p.480-482, 1979.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.). *Fisiologia vegetal*. São Paulo: EDUSP, 1979. v.1. p.331-350.
- NANAGARA, T.; PHILLIPS, R.E.; LEGGETT, J.E. Diffusion and mass flow of nitrate-nitrogen into corn roots grown under field conditions. *Agronomy Journal*, Madison, v.68, p.67-72, 1976.
- OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, J.J.S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.3, p.317-322, 1990.
- RODER, W.; MASON, S.C.; CLEGG, M.D.; KNIEP, K.R. Crop root distribution as influenced by grain sorghum-soybean rotation and fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 53, p.1464-1470, 1989.
- SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science*, Madison, v.6, p.55-59, 1966.
- SILVA, A.V. da. Efeito da época de semeadura, da adubação nitrogenada e da população de plantas sobre o rendimento de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Porto Alegre: UFRGS, 1975. 113p. Tese de Mestrado.
- SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F. Balanço de água na cultura do feijão em Latossolo Vermelho-Amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.14, n.2, p.111-115, 1979.
- STEINMETZ, S. Evapotranspiração máxima no cultivo do feijão de inverno. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 4p. (EMBRAPA-CNPAP. Pesquisa em andamento, 47).
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivares na produtividade e nutrição do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.4, p.521-533, 1994.
- WALLACE, D.H.; MUNGER, H.M. Studies of the physiological basis for yield differences. I. Growth analysis of six dry bean varieties. *Crop Science*, Madison, v. 5, p. 343-348, 1965.
- WALLACE, D.H.; PEET, M.M.; OZBUN, J.L. Studies of CO₂ metabolism in *Phaseolus vulgaris* L. and applications in breeding. In: BURRIS, R.H.; BLACK, C.C., (Eds.). *CO₂ metabolism and plant productivity*. Baltimore: University Park Press, 1976. p. 43-58.

- WEBER, C.R.; SHIBLES, R.M.; BYTH, D.E. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, p. 99-102, 1966.
- WESTERMANN, D.T.; CROTHERS, S.E. Plant population effects on the seed yield components of bean. **Crop Science**, Madison, v. 17, p.493-496, 1977.