

CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) INFLUENCIADO POR DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA¹

Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana², Pedro Marques da Silveira³

ABSTRACT

COMMON BEAN GROWTH AS AFFECTED BY TOPDRESSING NITROGEN RATES

This study was carried out with the objective to evaluate the effects of applied doses of topdressed nitrogen on the growth of common bean, cultivar BRS Horizonte. The experiment was conducted at the Embrapa Arroz e Feijão experimental station, Fazenda Capivara, Santo Antônio of Goiás, GO, in a dystrophic red Latosol. The experimental design was a randomized complete block, with four replications and five doses of nitrogen, 0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, and 240 kg ha⁻¹, applied half at ten days after emergency (10 DAE) and, the other half, at 17 DAE, in the form of urea. The effects of the treatments were evaluated by the analysis of plant growth. Significant behavior differences were observed in the common bean physiological indexes as response to increasing levels of N in topdressing. There was a significant positive correlation between duration of leaf area and grain yield.

KEY-WORDS: *Phaseolus vulgaris*; growth analysis; dry matter; leaf area index; physiological indexes.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o feijoeiro comum é a principal cultura que integra os sistemas agrícolas irrigados nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste, com produtividade de grãos em torno de 2.500 kg ha⁻¹ (Silveira et al. 2003). Entre as técnicas de manejo necessárias para atingir rendimentos significativos nestas regiões está a adubação nitrogenada (Fageria 1989). Entretanto, o alto custo dos fertilizantes nitrogenados desperta o interesse para o desenvolvimento de técnicas de manejo, que possam maximizar o uso eficiente desse nutriente pelas culturas (Amado et al. 2000).

Em razão de ser o nitrogênio um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e des-

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento do feijoeiro, cultivar BRS Horizonte, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Arroz e Feijão, Fazenda Capivara, em Santo Antônio de Goiás, GO, em um Latossolo vermelho distrófico. Foi usado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições e cinco doses de nitrogênio, 0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ e 240 kg ha⁻¹, aplicadas, metade aos dez dias após a emergência (10 DAE), e, a outra metade, aos 17 DAE, na forma de uréia. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados pela análise de crescimento da planta. Ocorreu comportamento diferenciado nos índices fisiológicos do feijoeiro, em função das doses de N em cobertura, as quais apresentaram maiores valores nas plantas com maior suprimento de nitrogênio. Houve correlação positiva entre a duração da área foliar e a produtividade de grãos do feijoeiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*; análise de crescimento; matéria seca; índice de área foliar; índices fisiológicos.

nitrificação no sistema solo-planta, o manejo adequado da adubação nitrogenada é tido como um dos mais difíceis. Assim, torna-se necessário determinar a curva de resposta da cultura, em relação ao nutriente, e adotar o método mais adequado de sua aplicação, pois este afeta o comportamento do N no solo e sua eficiência para as culturas (Fageria et al. 1999).

A análise de crescimento é fundamental para avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, pois descreve as mudanças na produtividade vegetal, em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento (Urchei et al. 2000). Gunton & Evenson (1980) relataram que o índice de área foliar (IAF) e a taxa de produção de matéria seca (MS) estão altamente correlacionados.

1. Trabalho recebido em fev./2007 e aceito para publicação em jun./2008 (nº registro: PAT 740).

2. Rua 8, nº 85, Apt. 102 - Setor Oeste, CEP 74115-100, Goiânia, GO. E-mail: edvaldovps@bol.com.br

3. Embrapa Arroz e Feijão, Cx. Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. E-mail: pmarques@cnpaf.embrapa.br

Por sua vez, o rendimento do feijoeiro está ligado ao IAF e à duração da área foliar (DAF). Segundo Lopes et al. (1982), a taxa de crescimento da cultura (TCC) aumentou rapidamente, entre 15 dias e 50 dias após a emergência (DAE), e diminuiu, a partir daí, até a maturação. A taxa assimilatória líquida (TAL) seguiu a mesma curva e o enchimento de grãos se deu, principalmente, às expensas dos fotossintatos transferidos das folhas para as vagens e os grãos.

Reis (1984) citou vários trabalhos relacionados aos índices fisiológicos obtidos na cultura do feijoeiro. O índice IAF variou de 1,0 a 7,6, com o desenvolvimento da cultura. Os valores da taxa assimilatória aparente (TAA) variaram de 4,0 g m⁻² dia⁻¹ a 9,0 g m⁻² dia⁻¹, apresentando as maiores taxas no início do desenvolvimento da planta, com tendência decrescente, segundo o aumento da sua idade. Entretanto, a taxa de produção de MS não apresentou resultados consistentes, já que os resultados observados foram muito variáveis, nos diferentes experimentos, e dentro de cada período de crescimento da planta.

De acordo com Oliveira & Silva (1990), o IAF do feijoeiro irrigado cresce com o desenvolvimento da cultura, atingindo valor máximo, em torno de 55 dias após a emergência, o que corresponde ao final da floração e início da formação das vagens.

Pereira (1994) observou efeito significativo do nitrogênio em cobertura para massa de cem grãos, número e massa de grãos por vagem, e, ainda, que a produtividade aumentou com a elevação da dose de N em cobertura. A produtividade de grãos foi relacionada com IAF e DAF, e a senescência precoce das folhas foi mais acentuada na ausência de nitrogênio.

Sob o prisma da agricultura sustentável, o desafio do manejo de nitrogênio consiste em aumentar as quantidades absorvidas pelas culturas e diminuir, ao mesmo tempo, aquelas perdidas no sistema solo-planta (Amado et al. 2000).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses de nitrogênio, aplicadas em cobertura, sobre o desenvolvimento da cultivar de feijoeiro BRS Horizonte, utilizando-se a análise de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na área experimental da Embrapa Arroz e Feijão, Fazenda Capivara, em Santo Antônio de Goiás, GO (16°28'00"S, 49°17'00"W

e altitude de 823 m), em Latossolo vermelho distrófico, textura média, cujos resultados da análise química de amostra superficial (0-20 cm) encontram-se na Tabela 1. A semeadura foi realizada em maio de 2005, em sistema plantio direto, sobre palhada de milho mais braquiária (*Brachiaria decumbens*).

Foi utilizada a cultivar de feijão do grupo carioca, BRS Horizonte, de porte ereto, com 40 cm a 60 cm de altura, hábito de crescimento indeterminado tipo II, flor branca, sementes opacas de cor bege, com rajas marrons claras, com quatro a sete sementes por vagem e ciclo de noventa dias.

Previamente à instalação do experimento, a área foi roçada e dessecada, com 3,0 L ha⁻¹ de glifosate. Na semeadura do feijão, foram colocadas dezesseis sementes por metro, em fileiras espaçadas de 0,45 m, resultando numa densidade final de 30 plantas m⁻². Empregou-se a adubação de 400 kg ha⁻¹, da fórmula comercial 4-30-16, aplicada no momento da semeadura.

Foi usado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições e cinco doses de nitrogênio, 0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ e 240 kg ha⁻¹, aplicadas, metade aos dez dias após a emergência (10 DAE), e, a outra metade, aos 17 DAE, na forma de uréia. Cada parcela teve 3,6 m de largura (oito linhas de plantas de feijão) por 5,0 m de comprimento, com área total de 18 m². A área útil de cada parcela foi de 10,8 m², sendo considerada uma bordadura de 0,5 m nas extremidades e nas laterais, resultando em seis linhas de plantas com 4,0 m de comprimento.

A área experimental, de 675 m², foi irrigada por aspersão, com sistema Pivô Central, sendo as irrigações efetuadas sempre que a tensão de água no solo, à profundidade de 0-15 cm, alcançava a faixa de 25 kPa a 40 kPa.

Tabela 1. Análise química das camadas 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade do solo utilizado no experimento.

Características químicas	Profundidade do solo	
	0-10 cm	10-20 cm
pH em H ₂ O (mmol dm ⁻³)	6,4	6,2
Ca (mmol dm ⁻³)	34,3	26,1
Mg (mmol dm ⁻³)	14,1	10,7
Al (mmol dm ⁻³)	0,0	0,0
H + Al (mmol dm ⁻³)	31,0	39,0
P (mg dm ⁻³)	16,5	20,6
K (mg dm ⁻³)	92,0	78,0
Cu (mg dm ⁻³)	1,3	1,8
Zn (mg dm ⁻³)	6,1	5,5
Fe (mg dm ⁻³)	34,0	45,0
Mn (mg dm ⁻³)	12,0	15,0
M.O. (mg dm ⁻³)	21,0	22,0

Para a análise de crescimento, foram realizadas amostragens de quatro plantas por parcela, a cada sete dias, a partir de 10 DAE. Aos 45 dias após a emergência, foi registrada a data de florescimento pleno (estágio R6), que corresponde ao período compreendido entre a emergência e o aparecimento da primeira flor aberta, em 50% das plantas da parcela.

A área foliar (AF) foi determinada em um integrador de área foliar portátil, fabricado pela LICOR, modelo LI-3000, e a massa da matéria seca total (MST) foi definida como sendo a fitomassa da parte área da planta, depois de seca em estufa, a 75°C, por 72 horas. A partir dos dados de AF e MST, foram calculados, ainda, os seguintes índices fisiológicos:

- *Índice de área foliar* (IAF): determinado pela relação entre a área foliar média de uma planta e a superfície correspondente de terreno, $m^2 m^{-2}$, sendo as curvas ajustadas em função do tempo, por uma equação exponencial quadrática (Portes & Castro Júnior 1991);
- *Taxa de crescimento da cultura* (TCC): determinada por meio da derivada da equação ajustada de MST, em relação ao tempo, em $g m^{-2} dia^{-1}$;
- *Taxa de crescimento relativo* (TCR): expressa em $g g^{-1} dia^{-1}$ e calculada pelo quociente entre a TCC e a MST;
- *Taxa assimilatória líquida* (TAL): determinada pela razão entre TCC e IAF, em $g m^{-2} dia^{-1}$;
- *Razão de área foliar* (RAF): definida como sendo o quociente entre IAF e MST, em $m^2 g^{-1}$;
- *Duração da área foliar* (DAF): determinada em dias, integrando-se a variável IAF, em relação ao tempo, a qual foi relacionada com a produtividade de grãos do feijoeiro.

Os dados dos índices fisiológicos foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação nitrogenada em cobertura influenciou ($p < 0,05$) a massa da matéria seca da folha (MSF) e a massa da matéria seca total (MST), conforme os resultados da análise de variância, aos 31, 38, 45, 52 e 66 DAE – resultados parciais apre-

sentados por Sant'Ana (2007). Nas Figuras 1 e 2 estão explicitadas as curvas ajustadas de MSF e MST, em função do tempo. O acúmulo de massa da matéria seca do feijoeiro foi claramente influenciado pelas doses de N em cobertura. Verifica-se que as curvas de crescimento apresentaram característica sigmóide, o que concorda com Benincasa (1988). Observa-se que, na primeira fase, o crescimento inicial de MSF e MST foi lento. Nessa fase, que vai até os 31 DAE, a taxa de absorção de água e nutrientes é muito pequena para ativar os processos fisiológicos do crescimento, que exigem atividades metabólicas aceleradas. Mas, a partir daí, após 14 dias da segunda aplicação de cobertura de N, iniciam-se as diferenças na produção de massa da matéria seca. No início da floração, quando a planta alcança a idade de 38 a 45 DAE, o crescimento nas variáveis MSF e MST foi mais rápido, e é quando as necessidades hídricas e nutricionais da planta aumentam. Nessa fase, estão formados o caule principal, os ramos e as folhas trifolioladas, bem como as tríades de gemas, na axila de cada folha. Na

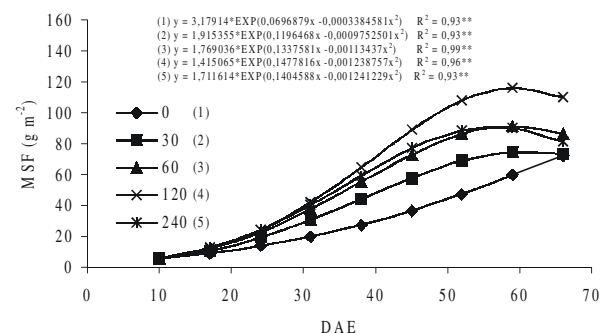


Figura 1. Evolução da massa da matéria seca das folhas (MSF) do feijoeiro, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

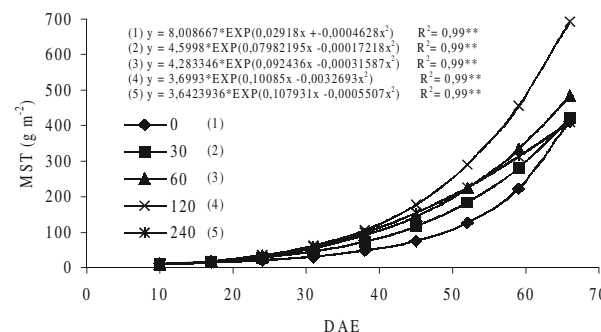


Figura 2. Evolução da massa da matéria seca total (MST) do feijoeiro, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

terceira fase, que vai de 45 a 66 DAE (Figuras 1 e 2), observa-se um crescimento mais intenso, atingindo o máximo aos 66 DAE. Posteriormente, a planta inicia o processo de senescência, que se reflete, inicialmente, na paralisação da produção de matéria orgânica. A partir daí, começam a prevalecer os fenômenos de translocação, em substituição ao de crescimento (Lopes et al. 1982).

A adubação nitrogenada em cobertura influenciou, significativamente ($p < 0,05$), também o índice de área foliar (IAF), aos 31, 38, 45, 52 e 66 DAE (Sant'Ana 2007). As diferenças entre os tratamentos aumentaram a partir dos 38 DAE, intensificando-se ainda mais durante o período reprodutivo da cultura (Figura 3). Os valores de IAF máximos ocorreram aos 59 DAE, para as doses de 60 kg ha⁻¹ e 240 kg ha⁻¹ de N, e aos 66 DAE, para as doses de 0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹. A dose 120 kg ha⁻¹ foi a que propiciou os maiores IAF. A dose de 0 kg ha⁻¹ foi a que apresentou, entre 10 e 66 DAE, os menores IAF, em relação aos demais tratamentos. Nota-se, então, que os valores de IAF máximos, nesta cultivar de feijoeiro, situaram-se entre 59 e 66 DAE, coincidindo com o período de enchimento de grãos (Figura 3). Ademais, esse incremento de IAF, até o início do enchimento de grãos, deu-se pelo aumento do número de folhas e pela expansão do limbo foliar. A partir dessa fase, cessa-se a emissão de folhas novas e a perda por senescência supera a expansão foliar.

Urchei et al. (2000) demonstraram que o IAF de um genótipo varia com as condições ambientais, mas não com o número de dias até o seu valor máximo. A área foliar reduzida é um limitante fisiológico na utilização da energia solar, que repercute na produção final. A área foliar é um índice importante em estudos de nutrição e crescimento vegetal, uma vez que

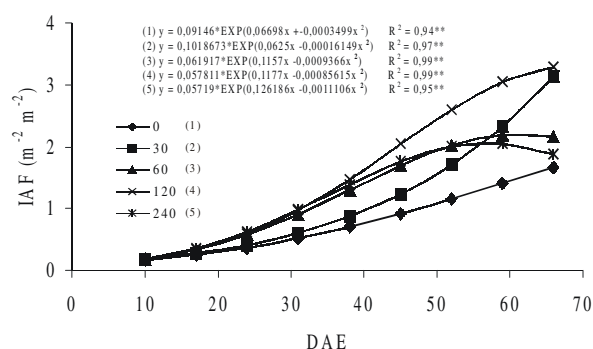


Figura 3. Evolução do índice de área foliar (IAF) do feijoeiro, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

determina a acumulação de matéria seca, o metabolismo vegetal, a capacidade fotossintética potencial, o rendimento e a qualidade da colheita (Jorge & Gonzalez 1997).

Oliveira & Silva (1990) constataram que o IAF do feijoeiro cresceu com o desenvolvimento da cultura, tendo atingido o valor máximo de 3,73, por volta de 55 dias do ciclo. Nessa época, as plantas encontravam-se no estágio final de florescimento e no início da formação das vagens. O maior IAF ocorreu, simultaneamente, com a máxima evapotranspiração da cultura, evidenciando o efeito da área foliar fotossinteticamente ativa na demanda de água pelas plantas.

As curvas da taxa de crescimento da cultura (TCC), em função do tempo, para os diferentes tratamentos, são apresentadas na Figura 4. Verifica-se que essas curvas apresentaram comportamento bastante semelhante àquele observado para a variável IAF (Figura 3), além de guardarem correspondência com as curvas de MST e de MSF (Figuras 1 e 2). De acordo com Bernardes (1987), do estágio inicial de crescimento das culturas até a máxima interceptação da radiação pelas folhas, a variável TCC aumenta até um valor máximo, por causa do IAF. Assim, maior será o rendimento da cultura, quanto mais rápido esta atingir o IAF máximo, e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa. Já a taxa de crescimento ou produção biológica de uma cultura pode ser alterada por fatores que influenciam a eficiência ou a dimensão do sistema assimilador.

O maior valor de TCC ocorreu aos 66 DAE, que corresponde ao período reprodutivo da cultura (Figura 4). No feijoeiro, reduções em TCC podem ser atribuídas a diversos mecanismos de respostas diretas e indiretas, como, por exemplo, menor disponibilidade de água e diminuição na interceptação e fixação da energia luminosa por unidade de superfície do terreno, além da menor absorção de nutrientes e alterações no mecanismo hormonal (Bergamaschi et al. 1988). Isso ocorre porque, sendo TCC o somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes da planta, ou seja, da variação da matéria seca com o tempo, essa variável representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, isto é, sua produtividade primária (Benincasa 1988).

A taxa relativa de crescimento (TRC) diminuiu, da primeira para a última avaliação, devido ao acúmulo

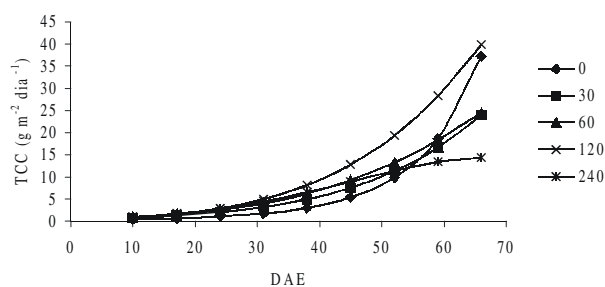


Figura 4. Taxa de crescimento da cultura (TCC) do feijoeiro, em função dos dias após emergência (DAE), nas diferentes doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

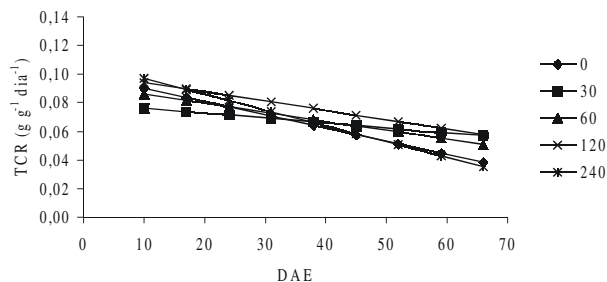


Figura 5. Taxa de crescimento relativo (TCR) do feijoeiro, em função dos dias após emergência (DAE), nas diferentes doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

contínuo de massa da matéria seca no decorrer do período e, também, pela diminuição da capacidade relativa da planta em produzir material novo (Figura 5). Portanto, durante o desenvolvimento fenológico da cultura, a variável TRC apresentou, em todos os tratamentos, um declínio sistemático no acúmulo de matéria seca. Essa diminuição contínua em TCR pode ser explicada pela elevação da atividade respiratória e pelo auto-sombreamento, cuja importância aumenta com a idade da planta. Além disso, na fase final da cultura, o crescimento se torna negativo em função da morte de folhas e gemas (Urchei et al. 2000).

A taxa assimilatória líquida (TAL) de uma planta é o incremento de material vegetal por unidade de área foliar e de tempo. Essa característica de crescimento sofre menor influência da ontogenia da planta do que TCR. Além disso, a variável TAL é dependente da radiação solar, das condições internas da planta, do próprio índice de área foliar e do balanço hídrico (Benincasa 1988). Essa taxa assimilatória foi superior nas avaliações finais para a testemunha, acima das demais doses de N em cobertura (Figura 6). Esses resultados representam o balanço entre a massa produzida pela fotossíntese e a massa consumida por meio da respiração e, portanto, a eficiência das folhas na produção de matéria seca, o que possibilita estimar a fotossíntese líquida. Os maiores valores de TAL para a testemunha, nas avaliações finais, se deve ao decréscimo acentuado em área foliar. Isso foi ocasionado pelo aumento na taxa de senescência foliar, não sendo, porém, acompanhado na mesma proporção pelo decréscimo na taxa de produção de matéria seca. O mesmo aconteceu, a partir de 52 DAE, para todos os tratamentos (Figura 6).

A razão de área foliar (RAF) é um componente morfológico do crescimento, que representa a

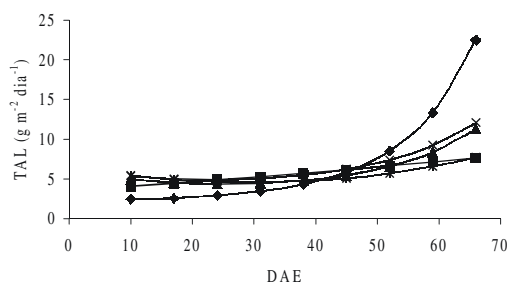


Figura 6. Taxa assimilatória líquida (TAL) do feijoeiro, em função dos dias após emergência (DAE), nas diferentes doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

superfície assimilatória por unidade de matéria seca total. Os valores de RAF, normalmente, decrescem com a ontogenia das plantas (Hunt 1982). Esta variável representa a área foliar útil para a fotossíntese, o que reduziu com o desenvolvimento da cultura (Figura 7). Isso ocorreu em razão do surgimento de tecidos e estruturas que são drenos altamente competitivos, como flores e sementes, além do auto-sombreamento (Urchei et al. 2000), indicando que, progressivamente, a quantidade de fotoassimilados destinada às folhas diminuiu.

De acordo com Benincasa (1988), com o crescimento e desenvolvimento das plantas, aumenta-se o auto-sombreamento das folhas inferiores e a tendência é diminuir a área foliar, a partir de certo período, por indução à senescência dessas folhas. Portanto, este trabalho indica que os fotoassimilados estavam sendo, inicialmente, mais usados para a formação do aparelho fotossintético das plantas. Lopes & Maestri (1973) sugeriram que TCR e RAF apresentam, semelhantemente, uma forte tendência de decréscimo, à medida que as plantas envelhecem, o que pode ser explicado, em parte, pelo aumento gradual de tecidos não assimilatórios.

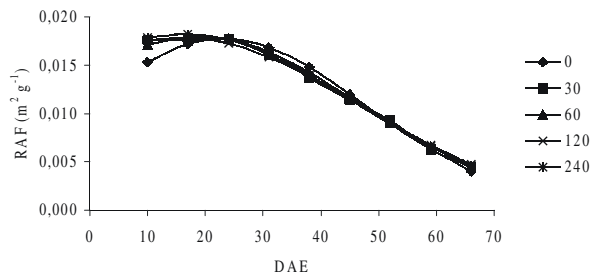


Figura 7. Razão da área foliar (RAF) do feijoeiro, em função dos dias após emergência (DAE), nas diferentes doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

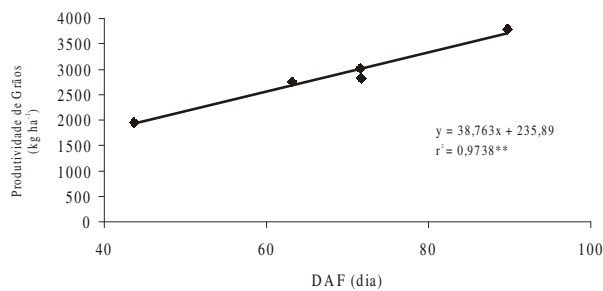


Figura 8. Produtividade de grãos do feijoeiro, em função da duração da área foliar (DAF).

Benincasa (1988) verificou que, apesar de o sorgo granífero, sob alta intensidade de radiação, aumentar a taxa assimilatória líquida (TAL), esta espécie apresentou menor razão de área foliar (RAF), o que contribuiu para diminuir a diferença de TCR entre o tratamento de alta e o de baixa intensidade de radiação. Segundo os autores, quanto maior a luminosidade, menor área foliar é necessária para produzir um grama de matéria seca, sendo essa plasticidade em RAF (área foliar útil), muitas vezes, confundida com área foliar real, a qual, só em determinadas situações, se comporta dessa maneira. Contrariamente, Moreira (1993) constatou decréscimo da razão da área foliar em feijão-vagem, com o aumento da tensão da água do solo, fato que foi atribuído à redução da área foliar e da massa da matéria seca total. Isso porque a razão de massa foliar, um dos componentes da variável RAF, não foi afetada pela disponibilidade de água no solo.

A duração da área foliar (DAF) é indicadora da persistência da superfície assimilatória de uma planta. E, neste caso, houve relação linear significativa entre DAF e produtividade de grãos (Figura 8). Resultados semelhantes foram obtidos por Urchei et

al. (2000). Os maiores valores de IAF na dose de 120 kg ha⁻¹ N (Figura 3) fizeram com que as folhas perdurassem por mais tempo, aumentando a duração da área foliar, o que levou à maior produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

1. Os índices fisiológicos do feijoeiro, cultivar BRS Horizonte, comportam-se diferentemente, em função dos níveis de N em cobertura, com maiores valores em plantas sob maior suprimento de nitrogênio.
2. Houve correlação positiva entre a duração da área foliar e a produtividade de grãos do feijoeiro, cultivar BRS Horizonte.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; MIELNIZUK, J.; FERNÁNDEZ, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.
- BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: Unesp, 1988.
- BERGAMASCHI, H. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro I: análise de crescimento e fenologia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 7, p. 733-743, 1988.
- BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. G.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p. 13-48.
- FAGERIA, N. K. *Solos Tropicais e aspectos fisiológicos das culturas*. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1989. (Documentos, 18).
- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. *Maximização da eficiência de produção das culturas*. Brasília: Embrapa-SCT/Embrapa-CNPAP, 1999.
- GUNTON, J. L.; EVENSON, J. P. Moisture stress in Navy beans II: Relationship between leaf water potential and growth and yield. *Irrigation Science*, New York, v. 2, n. 1, p. 59-65, 1980.
- HUNT, R. *Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis*. London: Edward Arnold, 1982.

- JORGE, Y.; GONZÁLEZ, F. Estimación del área foliar en los cultivos de ají y tomate. *Agrotecnia de Cuba*, Havana, v. 27, n. 1, p. 123-126, 1997.
- LOPES, N. F.; MAESTRI, M. Análise de crescimento e conservação de energia solar em populações de milho (*Zea mays* L.) em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 20, n. 109, p. 189-201, 1973.
- LOPES, N. F. et al. Análise de crescimento e conversão de energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade de fluxo radiante. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 29, n. 166, p. 586-606, 1982.
- MOREIRA, J. A. A. *Efeitos da tensão água do solo e do parcelamento da adubação nitrogenada, sobre o crescimento e produtividade do feijão-vagem (Phaseolus vulgaris L.)*. 1993. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.
- OLIVEIRA, F. A.; 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.
- PEREIRA, A. L. *Efeitos de cinco lâminas de água e três doses de adubação nitrogenada em cobertura, sobre a produção e crescimento de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. 1994. 112f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Federal de São Paulo, Botucatu, 1994.
- PORTES, T. A.; CASTRO JÚNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v. 3, n. 1, p. 53-56, 1991.
- REIS, W. P. *Análise de crescimento de milho e feijão em monocultivo e consorciados em diferentes arranjos, da semeadura destas culturas*. 1984. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SANT'ANA, E.V.P. *Uso da análise de crescimento e do clorofilômetro na avaliação da resposta do feijoeiro irrigado ao nitrogênio em cobertura*. 2007. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.
- SILVEIRA, P. M. da; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.
- URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de Crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.