

ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA NO FEIJOEIRO IRRIGADO: USO DO CLOROFILÔMETRO

NITROGEN TOPDRESSING IN IRRIGATED COMMON BEANS: USE OF CHLOROPHYLL METER

Agostinho Dirceu DIDONET¹; Antônio Joaquim Braga Pereira BRAZ²; Pedro Marques da SILVEIRA³

RESUMO: A suplementação adequada de nitrogênio em cobertura é essencial para garantir alta produtividade do feijoeiro. O objetivo deste trabalho foi utilizar leituras instantâneas do clorofilômetro (SPAD) para determinar a necessidade da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado. Para tanto, foram estabelecidas associações entre leituras de SPAD com a área foliar, acúmulo de biomassa, teores de N e massa de grãos secos. As cultivares Pérola e Jalo Precoce foram submetidas a 0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, aplicados em cobertura. Determinaram-se as taxas de incremento de SPAD, de incremento de área foliar e teores foliares de N, de acúmulo de massa de matéria seca foliar, da massa de grãos secos na maturação fisiológica, a razão entre as leituras de SPAD com a maior dose de N (Índice de Suficiência de N - ISN%) e, também, a produtividade relativa (PR%) em relação à produtividade na maior dose de nitrogênio. Houve uma relação direta entre o aumento na taxa diária de SPAD e o ISN% e deste com a PR%. A determinação da taxa diária de aumento de SPAD avaliada entre 20 e 40 dias após a emergência do feijoeiro, é suficiente para indicar a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura.

UNITERMOS: *Phaseolus vulgaris*; Produtividade relativa; Índice de suficiência de nitrogênio.

INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado em áreas irrigadas é considerada uma das principais práticas para se obter altas produtividades de grãos. O nitrogênio deve estar disponível no período de maior necessidade da planta, razão pela qual é recomendável a sua aplicação em cobertura até o início do florescimento (25 a 35 dias após a emergência). Além disso, estas aplicações proporcionam maior eficiência de utilização pela planta, reduzindo perdas e minimizando a relação custo/benefício em razão do incremento do potencial de produtividade de grãos (MYASAKA; FREIRE; MASCARENHAS, 1963; ROSOLEM, 1987).

A suplementação adequada de N em cobertura normalmente é realizada pelos produtores, que se utilizam de conhecimentos práticos e, muitas vezes por observação da tonalidade da coloração verde das plantas (SILVEIRA; BRAZ; DIDONET, 2003). Esses critérios fazem com

que a quantidade de adubo a ser aplicado em cobertura possa ser superior ou inferior à quantidade que proporcione maior ganho de produtividade. Assim, a tomada de decisão sobre a quantidade e o momento da aplicação do adubo nitrogenado, necessita ser em tempo real, e com o menor risco possível.

O clorofilômetro (SPAD) disponível no mercado, que quantifica de forma não destrutiva a intensidade de luz de 650 nm (intensidade de cor verde) que é refletida pela amostra de folha (YADAVA, 1986), pode ser uma ferramenta importante na determinação da necessidade de complementação de adubação nitrogenada. Vários autores tem relatado que determinações instantâneas da intensidade da cor verde das folhas através do clorofilômetro está relacionada com o teor de clorofila, e esta, por sua vez, é proporcional à concentração de N foliar e à produtividade de grãos, tanto no feijoeiro como em outras espécies (SMEAL; ZHANG, 1994; PENG et al., 1995; FURLANI JÚNIOR et al., 1996; TORRES

¹ Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: didonet@cnpaf.embrapa.br

² Fundação de Ensino Superior de Rio Verde - FESURV, Caixa Postal 104, CEP 75901-970 Rio Verde, GO. E-mail: antoniobraz@cultura.com.br

³ Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Bolsista do CNPq. E-mail: pmarques@cnpaf.embrapa.br

Received: 08/03/05

Accept: 24/05/05

NETO *et al.*, 2002; CARVALHO *et al.*, 2003; SILVEIRA; BRAZ; DIDONET, 2003). No feijoeiro, as leituras de SPAD são diferentes entre as cultivares e, em geral, aumentam com a quantidade de N aplicado (SILVEIRA; BRAZ; DIDONET, 2003). Na grande maioria das vezes estas respostas são bastante individualizadas, instantâneas e relacionadas somente com a produtividade de grãos, não levando em consideração as variações ao longo do tempo, que podem ser decisivas em relação à quantidade de N em cobertura a ser aplicado.

O objetivo deste trabalho foi utilizar as leituras de SPAD para determinar a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, durante o ano de 2000. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com cinco repetições. As cultivares Pérola e Jalo Precoce, constituíram as parcelas e as doses de nitrogênio (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹), as subparcelas. As doses de nitrogênio (uréia), foram aplicadas em cobertura, metade aos 15 e, a outra metade, aos 25 dias após emergência. As subparcelas foram constituídas por cinco linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,45 m. Foram distribuídas 16 sementes por metro no momento da semeadura.

Antes da semeadura aplicou-se o herbicida glifosate (1,92 kg ha⁻¹ i.a.) e após o tratamento das sementes com carboxin (0,180 kg para cada 100 kg de sementes), efetuou-se a semeadura em plantio direto, a 4 cm de profundidade. Por ocasião da semeadura, aplicaram-se, no sulco, 400 kg ha⁻¹ da formulação 4-28-20.

As irrigações foram feitas quando a média das leituras dos três tensiômetros instalados a

15 cm de profundidade se situavam na faixa de 30-40 kPa.

Foram realizadas leituras com o clorofilômetro (SPAD-502), avaliações de acúmulo de massa de matéria seca e N total nas folhas e índice de área foliar (IAF) aos 16, 23, 30, 36 e 43 dias após emergência (DAE) nas

duas cultivares. As leituras do clorofilômetro foram efetuadas sempre no mesmo horário e no folíolo central do último trifólio completamente desenvolvido de cada planta, realizando trinta leituras em cada repetição. As avaliações da massa de matéria seca, área foliar e acúmulo de N nas folhas, foram realizadas em plantas coletadas de um metro em cada linha. Após a medição da área foliar (Licor, modelo LI-3100), as folhas foram secadas em estufa ventilada a 65 °C por 72 horas, pesadas e moídas para posterior determinação de N total pelo método semimicro Kjeldahl. A massa dos grãos secos foi avaliada na maturação fisiológica, em plantas coletadas de um metro em cada linha.

As taxas diárias de aumento da leitura de SPAD (SPAD dia⁻¹), de incremento de IAF (m² m⁻² dia⁻¹), de acúmulo de massa de matéria seca foliar (MSF, g m⁻² dia⁻¹) e de acúmulo de N-total nas folhas (NTF, mg de N m⁻² dia⁻¹), foram determinadas utilizando-se o coeficiente angular da regressão linear calculada entre os valores médios de SPAD, IAF, MSF e NTF e dias após a emergência (DAE), para cada dose de N aplicada. Efetuou-se o teste F em todas as regressões lineares, aceitando-se somente os valores de R² estatisticamente significativos a pelo menos 5% de probabilidade.

O índice de suficiência de N (ISN%), foi calculado como o quociente entre a média das leituras de SPAD efetuadas aos 43 DAE correspondente a cada dose de N em comparação com a maior dose de N. Da mesma forma calculou-se a produtividade relativa (PR%) da massa de grãos secos em relação massa de grãos secos da maior dose de nitrogênio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa de grãos secos avaliada na maturação fisiológica aumentou de forma linear com as doses de N aplicadas, com aumento estimado de 0,5 g m⁻² para cada kg de N aplicado (Tabela 1). Essa baixa eficiência de resposta do feijoeiro à aplicação de N, pode ser por causa do sistema de preparo de solo em plantio direto, que normalmente necessita de maiores doses de N do que o sistema de preparo convencional de solo (SILVA, 1998). Por outro lado, a eficiência de utilização do N é reduzida à medida que as doses aplicadas são aumentadas (FAGERIA, 1998).

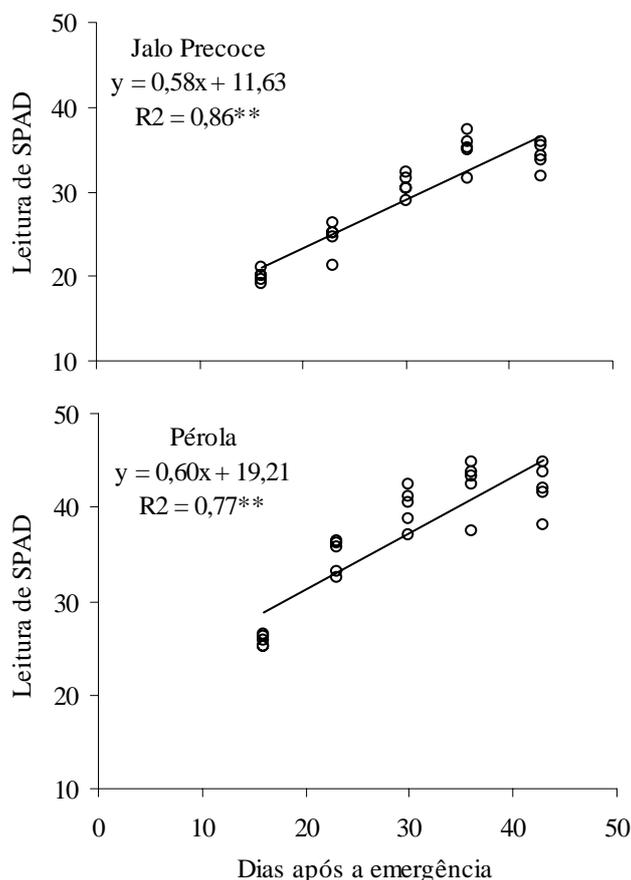
Tabela 1. Massa de grãos secos (g m^{-2}) das cultivares de feijoeiro comum Jalo Precoce e Pérola de acordo com as doses de N aplicadas⁽¹⁾.

Nitrogênio(kg ha^{-1})	Jalo Precoce	Pérola
0	104,1	177,6
30	138,2	200,8
60	150,7	228,6
120	217,1	249,8
240	258,5	268,2

⁽¹⁾Equação de regressão para ambas as cultivares: $Y = 154,4 + 0,5N$ ($R^2 = 0,65^{**}$).

As leituras de SPAD das cultivares de feijoeiro utilizadas aumentaram linearmente até aproximadamente 40 dias após a emergência (DAE) para todas as doses de N aplicadas (Figura 1). Aumento nos teores de clorofila determinados na floração pela leitura do clorofilômetro

em resposta a cinco diferentes doses de N também foram observados em feijoeiro, cultivar IAC Carioca, cultivado em sistema de plantio direto sob palhada de milho (CARVALHO *et al.*, 2003).

**Figura 1.** Relação entre dias após a emergência (DAE) e valores da leitura do clorofilômetro (SPAD) nas cultivares de feijoeiro comum Jalo Precoce e Pérola em doses crescentes de nitrogênio.

A taxa diária de aumento nas leituras de SPAD, calculadas pela regressão linear em cada dose de N aplicada em ambas as cultivares, foram linearmente correlacionadas com a massa de grãos secos, com a taxa

de incremento do índice de área foliar e com a taxa de acúmulo de N total das folhas (Figura 2). Peng *et al.* (1995) também encontraram correlação positiva entre leituras de SPAD e acúmulo de N nas folhas de arroz,

determinado com base na área foliar, porém essa relação é dependente dos estágios de crescimento. De acordo com os resultados do presente trabalho, avaliações efetuadas com o clorofilômetro entre 20 e 40 DAE (período recomendado para aplicação de N em cobertura),

podem ser utilizadas para prever com razoável precisão a quantidade de N necessária ao desenvolvimento foliar e, em consequência, a massa de grãos secos que as plantas de feijoeiro terão na maturação fisiológica.

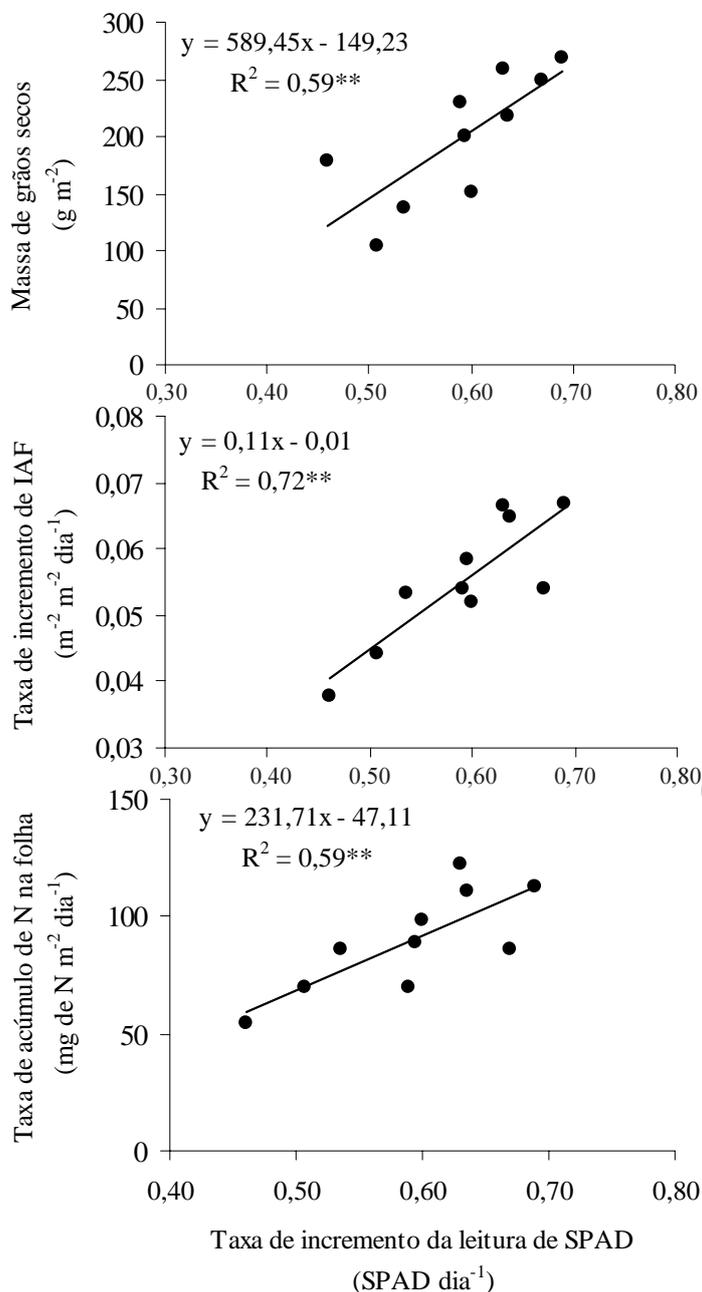


Figura 2. Relação entre a taxa diária de incremento da leitura de SPAD e a massa de grãos secos, a taxa de incremento de IAF e a taxa de acúmulo de nitrogênio total nas folhas nas cultivares de feijoeiro comum Jalo Precoce e Pérola cultivadas em diferentes doses de nitrogênio.

Independentemente da cultivar de feijoeiro, quanto maior a taxa de acúmulo de massa da matéria seca de folhas, maior será o incremento de área foliar,

a massa de grãos secos, a taxa de aumento da leitura de SPAD e a taxa de acúmulo de N na folha (Figura 3).

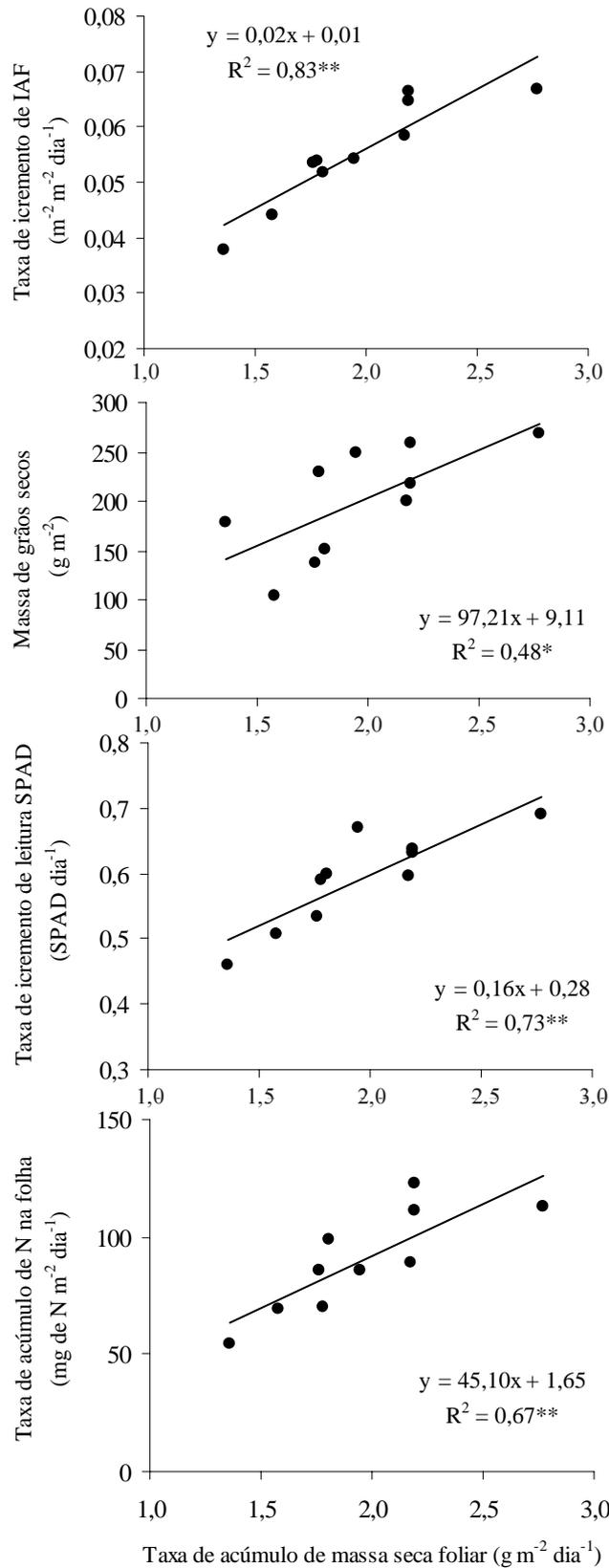


Figura 3. Relação entre a taxa diária de acúmulo de massa de matéria seca foliar e a taxa de incremento diário de IAF, a massa de grãos secos, a taxa diária de incremento da leitura de SPAD e a taxa diária de acúmulo de nitrogênio total nas folhas, nas cultivares de feijoeiro comum Jalo Precoce e Pérola, cultivadas em diferentes doses de nitrogênio.

A massa de grãos secos é pouco dependente das taxas diárias de aumento de área foliar (Figura 4), mas houve maior dependência de N para compensar esse aumento de área foliar (Figura 4). Assim, nem sempre que as plantas de feijoeiro têm altas taxas de incremento diário de área foliar, e conseqüentemente altas taxas de acúmulo diário de N nas folhas, pode-se esperar um aumento correspondente na massa de grãos secos avaliada na maturação fisiológica (Figura 5). Em milho também foi observado uma baixa correlação entre IAF, leituras de SPAD e teor de N nas folhas com a produtividade, o que normalmente é atribuído a um consumo de luxo desse nutriente (ARGENTA *et al.*, 2002; BULLOCK; ANDERSON, 1998). No feijoeiro esse efeito é possível

uma vez que as taxas de incremento de área foliar foram determinadas até aproximadamente 40 DAE, e nesse período, o efeito da interceptação da radiação solar sobre a produção de massa seca de grãos é menor do que a radiação interceptada durante o período reprodutivo (YOSHIDA, 1972; GASTAL; LEMAIRE, 2002). Isto significa que nem sempre que é observado um crescimento exuberante de biomassa foliar, ou seja, altos valores de IAF, pode-se esperar alta produtividade de grãos do feijoeiro. Essas altas taxas de aumento de IAF exigem da mesma forma, um consumo correspondente de N que não é investido eficientemente na acumulação de biomassa nos grãos, e sim em manter os teores de N em uma maior quantidade de biomassa (LIMA *et al.*, 2001).

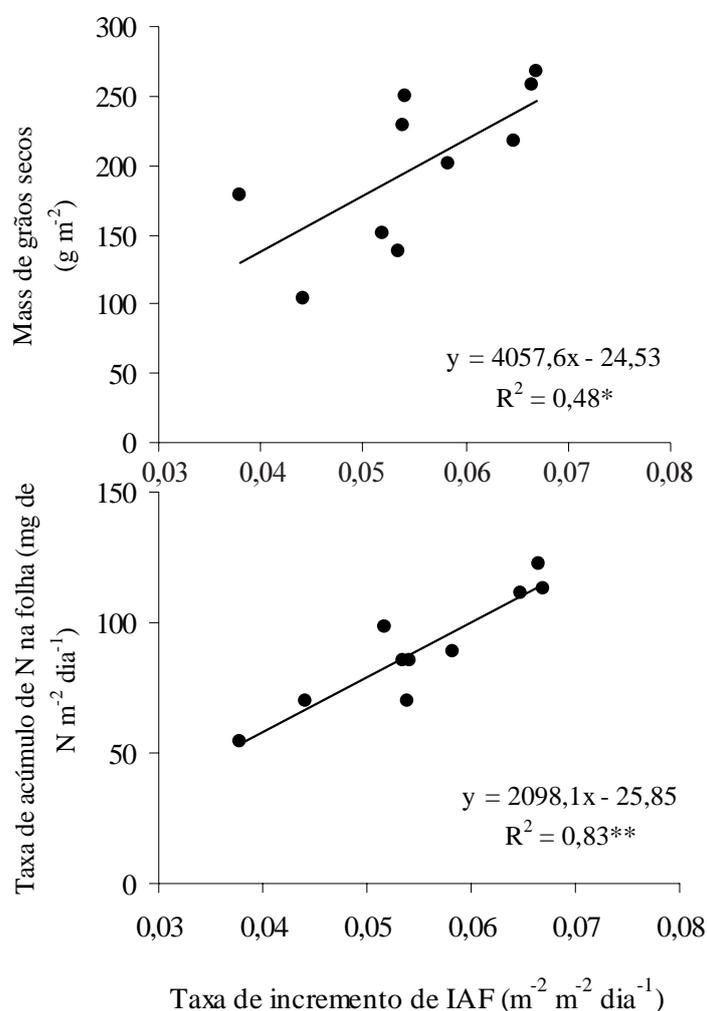


Figura 4. Relação entre a taxa diária de incremento de IAF e a massa de grãos secos e a taxa diária de acúmulo de nitrogênio total nas folhas, nas cultivares de feijoeiro comum Jalo Precoce e Pérola cultivadas em diferentes doses de nitrogênio.

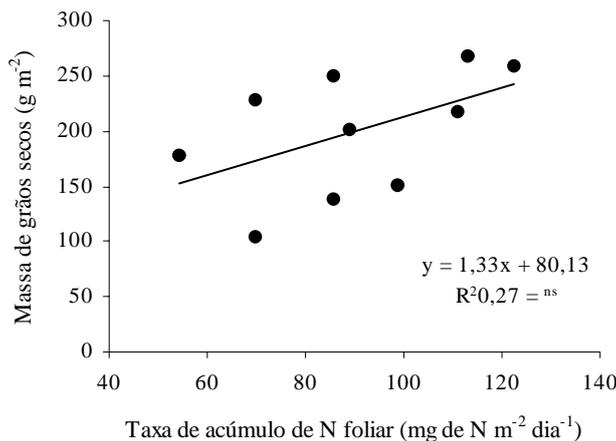


Figura 5. Relação entre a taxa diária de acúmulo de nitrogênio total nas folhas até 43 dias após a emergência e a massa de grãos secos determinado na maturação fisiológica nas cultivares de feijoeiro comum Jalo Precoce e Pérola, cultivadas em diferentes doses de nitrogênio.

Houve uma relação direta e altamente significativa entre o aumento na taxa diária de leitura de SPAD e o índice de suficiência de N - ISN% e deste com a produtividade relativa - PR% (Figura 6).

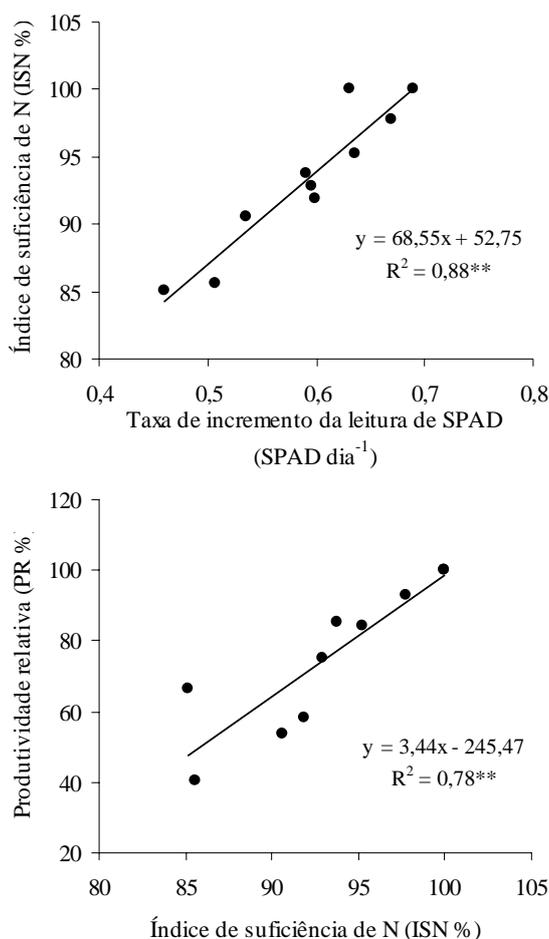


Figura 6. Relação entre a taxa de incremento de leitura de SPAD e o índice de suficiência de N -ISN% e entre o ISN% e a Produtividade Relativa - PR%, calculada com base em leituras de SPAD até 43 DAE e a massa de grãos secos na maturação fisiológica nas cultivares de feijoeiro comum Jalo Precoce e Pérola, cultivadas em diferentes doses de nitrogênio.

Desse modo, a partir de leituras de SPAD efetuadas entre 30 e 43 DAE, é possível calcular a partir de um ISN% crítico, a necessidade ou não de adubação nitrogenada em cobertura. Assim, para um ISN% crítico de 95%, como determinado para milho (VARVEL; SCHEPERS; FRANCIS, 1997), inferior ao qual se esperaria aumentos de produtividade de grãos no feijoeiro, haveria necessidade de complementação de adubação nitrogenada em cobertura, com aumentos de produtividade superiores a aproximadamente 20% ($PR\% \leq 81,3$), como determinado a partir da equação $PR\% = 3,44ISN\% - 245,47$ (Figura 6). Da mesma forma, se forem efetuadas diversas leituras de SPAD em dias subsequentes a partir de 20 até 40 DAE é possível calcular a taxa de incremento diário da leitura do clorofilômetro (SPAD dia^{-1}) e, então, determinar o ISN% correspondente a esta taxa (Figura 6). Assim, com base na equação da Figura 6, quando a taxa de

incremento diário de leitura do clorofilômetro atingir cerca de 0,62 unidades SPAD dia^{-1} , o ISN% atingirá 95%, e então não haveria mais necessidade de adubação nitrogenada em cobertura, pois o aumento de produtividade seria inferior a 20%.

CONCLUSÕES

A determinação da taxa de aumento das leituras do clorofilômetro entre 20 e 40 dias após a emergência, é suficiente para indicar a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro.

A taxa diária de aumento das leituras do clorofilômetro entre 16 a 43 dias após a emergência do feijoeiro, são proporcionais ao aumento de área foliar, à taxa de acúmulo de nitrogênio na folha e à massa de grãos secos.

ABSTRACT: Topdressing nitrogen is essential to obtain high common bean yields. Instantaneous chlorophyll meter (SPAD) and its relation with leaf area, leaf N content, leaf biomass and grain dry weight, were used to determine the need for topdressing nitrogen in common bean. Common bean cultivars Pérola and Jalo Precoce were submitted to 0, 30, 60, 120 and 240 kg N ha^{-1} , as topdressing. The increase rates of SPAD readings, leaf area, leaf N content, leaf dry weight and grain dry weight at physiological maturity, were calculated, as well as the ratio between SPAD readings of any N dose to the highest N dose (N Sufficiency Index - ISN%) and relative yield (RY%) to any N dose applied. There was a direct relation between daily rate of SPAD reading increase and ISN% and between ISN% and RY%. It was concluded that the daily increase of SPAD rate evaluated between 20 and 40 days after emergence of common bean plants, was adequate to indicate the need for nitrogen topdressing.

UNITERMS: *Phaseolus vulgaris*; Relative yield; Nitrogen sufficiency index.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 519-527, abr., 2002.

BULLOCK, D. G.; ANDERSON, D. S. Evaluation of the Minolta SPAD 502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 4, p. 741-755, 1998.

CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JÚNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 445-450, mai./jun., 2003.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, jan./abr., 1998.

FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L. J.; MOREIRA, J. A. A.; GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 171-175, 1996.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 53, n. 370, p. 789-799, apr., 2002.

LIMA, E. do V.; ARAGÃO, C. A.; MORAIS, O. M.; TANAKA, R.; GRASSI FILHO, H. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 125-129, jan./mar., 2001.

MYASAKA, S.; FREIRE, E. S.; MASCARENHAS, H. A. A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 22, n. 40, p. 511-519, set., 1963.

PENG, S.; LAZA, R. C.; GARCIA, F. C.; CASSMAN, K. G. Chlorophyll meter estimates leaf area-based N concentration of rice. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 26, n. 5/6, p. 927-935, 1995.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1987. 93p.

SILVA, C. C. da. **Influência de sistemas agrícolas em características do solo e na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura**. 1998. 116p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

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, set. 2003.

SMEAL, D.; ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, n. 9/10, p. 1495-1503, 1994.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G. de; YAMANISHI, O. K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 14, n. 3, p. 203-210, sept./dec., 2002.

VARVEL, G. E.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D. Ability for inseason correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, n. 4, p. 1233-1239, jul./aug., 1997.

YADAVA, U. L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 6, p. 1449-1450, dec., 1986.

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 23, p. 437-464, 1972.