

UTILIZAÇÃO DO FERTILIZANTE NITROGENADO APLICADO A UMA CULTURA DE FEIJÃO¹

SEGUNDO URQUIAGA CABALLERO², PAULO L. LIBARDI³, KLAUS REICHARDT⁴,
EIICHI MATSUI⁵ e RICARDO L. VICTÓRIA⁶

RESUMO - Em solo Paleudalf óxico (Terra Roxa Estruturada), localizado em Piracicaba, SP, estudou-se a extração, distribuição e eficiência da utilização do N-fertilizante pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.), cv. Carioca, em cinco épocas de seu desenvolvimento (06, 26, 46, 66, e 86 dias após a germinação - DAG). O nitrogênio (0 e 42 kg/ha de N) foi aplicado, usando sulfato de amônio com 56,111% de átomos de ¹⁵N em excesso, em duas épocas; um terço aos 06 DAG, e o restante aos 26 DAG. A população foi de 250.000 plantas/ha. Em cada amostragem, as plantas foram separadas em: ramos + folhas, raízes, vagens e total, nas quais foram feitas análises de N-total (método semi-microkjeldahl) e da composição isotópica do N (método Dumas), usando espectrômetro de massa Atlas Variant, CH-4. Concluiu-se que: a) a fonte de N usada incrementou significativamente a produção; b) a percentagem de N na planta, proveniente do fertilizante, variou ($p = 0,05$) somente entre épocas de amostragem, mas não entre órgãos dentro de cada amostragem; c) a eficiência máxima de utilização do N-fertilizante (75,9%) coincidiu com o estágio de maior desenvolvimento das vagens; e d) os grãos extraíram 16,4 kg/ha do N-fertilizante, sendo sua eficiência de utilização de 38,9%.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, sulfato de amônio, uso de ¹⁵N.

THE USE OF NITROGEN FERTILIZER IN BEAN CROPS

ABSTRACT - The efficiency of nitrogen in beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv. Carioca was studied in an Oxic Paleudalf soil, in Piracicaba, SP, Brazil, in five periods (6, 26, 46, 66 and 86 days after germination-DAG). Zero and 42 kg of N/ha were applied, using ammonium sulphate with 56.111% of ¹⁵N atoms in excess. This fertilization took place in two stages: 1/3 six DAG and the rest 26 DAG. The plant population was of 250,000 per hectare. Each sample comprised branches + leaves, roots, pods and whole plants. Such samples were analysed for total N content (semi-microkjeldahl method) and N isotopic composition (Dumas method), using an Atlas Variant CH-4 mass spectrometer. The following conclusions were obtained: a) the source of N used significantly increased the production; b) the percentage of N in the plant, obtained from the fertilizer, varied ($p = 0.05$) as concerned to sampling time, but not among plant parts within each sample; c) the maximum efficiency in N fertilizer utilization (75.9%) was observed during the stage of higher pod development; and d) the grains obtained 16.4 kg/ha of N from the fertilizer and used efficiently 38.9%.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, ammonium sulphate, use of ¹⁵N.

INTRODUÇÃO

Os estudos da nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.), na América Latina, são de grande importância por estar o feijão entre as mais

importantes fontes de proteínas, tornando-se necessário incrementar sua produtividade (Amaral et al. 1980, Gallo & Miyasaka 1961, Malavolta 1972). No que diz respeito ao nitrogênio, embora esta cultura tenha alto potencial de fixação simbiótica, a adubação é necessária por não ser aquela suficiente (Guss & Döbereiner 1972, Miyasaka et al. 1963, Pons & Goepfert 1975). Entretanto, o fornecimento de N nem sempre tem influído no incremento da produção (Malavolta 1972, Neptune & Muraoka 1978), o que não indica necessariamente que a planta deixou de absorver o adubo.

Para a adequada adubação nitrogenada, é importante conhecer a cinética das necessidades durante o desenvolvimento da cultura, visando determinar a oportunidade e forma de aplicação mais conveniente para garantir maior eficiência de seu aproveitamento, tendo em conta o alto custo dos adubos e riscos de poluição dos recursos hídricos

¹ Aceito para publicação em 10 de julho de 1985.

Contribuição do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), com apoio da Com. Nacional de Energia Nuclear, Agência Intern. de Energia Atômica e Fund. Cargill. Trabalho apresentado no seminário sobre Uso de Técnicas Nucleares em Estudo de Fertilidade de Solo e Fertilizantes. Piracicaba, maio de 1983.

² Eng. - Agr., Ph.D., Prof. Visitante, Inst. Tecnol. e Cient. (INTEC), Consultor do IICA/EMBRAPA-UAPNPBS, Km 47, CEP 23460 Seropédica, RJ.

³ Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Adjunto, DFM/ESALQ/USP; Pesq. do CENA/USP, bolsista do CNPq.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Titular, DFM/ESALQ/USP e Pesq. do CENA/USP.

⁵ Físico, Ph.D., Pesq. do CENA/USP.

⁶ Eng. - Agr., Ph.D., Pesq. do CENA/USP.

naturais (Calvache 1981, Gallo & Miyasaka 1961, Haag & Malavolta 1967, Libardi & Reichardt 1978, Meirelles et al. 1980). Estes estudos têm sido facilitados pelo uso de ^{15}N , conseguindo-se maior precisão nos estudos da marcha de absorção e movimento do nitrogênio dentro da planta (Epstein 1975, Fried et al. 1976).

Em nosso meio, Meirelles et al. (1980), usando sulfato de amônio (100 kg/ha de N) marcado com ^{15}N , na cultivar Rosinha, observaram que a absorção máxima de N pelo feijoeiro ocorreu aos 60 dias após a germinação (DAG), mas o máximo de eficiência de uso do fertilizante (30%) ocorreu aos 45 DAG, sugerindo que, após estes dias, não é conveniente a aplicação de N. Neptune & Muraoka (1978), trabalhando com uréia marcada com ^{15}N , na cultivar Carioca, também observaram que seu melhor aproveitamento (11,2% - 35,7%) ocorreu antes ou durante a floração.

Ao que parece, diversos fatores, tais como dose, localização e época de aplicação do fertilizante, cultura, solo, clima e manejo, podem afetar a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pelas culturas (Arora et al. 1980, Calvache 1981, Malavolta 1981, Meirelles et al. 1980, Neptune & Muraoka 1978, Urquiaga Caballero et al. 1982).

A presente pesquisa teve por objetivo estudar a extração, distribuição e a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado durante o desenvolvimento da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) cultivar Carioca.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida numa Terra Roxa Estruturada (Paleudalf óxico), no campus da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Piracicaba, SP. O solo

apresenta textura argilosa e suas características químicas constam da Tabela 1.

No presente estudo, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar Carioca, foi adubado com 0 e 42 kg/ha de N, usando sulfato de amônio com 56,111% de átomos de ^{15}N em excesso, o qual foi aplicado em duas épocas: o primeiro terço aos 6 dias após a germinação (DAG) e o restante aos 26 DAG. Na sementeira (03.04.81), foram aplicados 150 kg/ha de P_2O_5 , usando-se superfosfato simples. A marcha de extração, distribuição e eficiência de utilização do fertilizante pelos diferentes órgãos do feijoeiro (ramos + folhas, raízes, vagens e total) foi avaliada em cinco épocas de amostragem (tratamentos), sendo estas aos 6, 26, 46, 66 e 86 DAG. Os efeitos das épocas de amostragem foram analisados estatisticamente pelo delineamento completamente ao acaso, com três repetições.

O plantio foi feito em sulcos espaçados de 0,40 m entre linhas e 0,20 m entre covas (2 plantas/cova), resultando na população de 250.000 plantas/ha. As colheitas foram feitas nas épocas indicadas, separando-se as plantas (de três covas) por órgãos, como mencionado acima. Nestas amostras, foi determinado o N total extraído pelos diferentes órgãos considerados.

Nas amostras mencionadas, foi feita análise da composição isotópica do nitrogênio pelo método de Dumas modificado (Proksch 1969), empregando espectrômetro de massa Atlas-Variant, modelo CH-4, obtendo-se a percentagem de átomos de ^{15}N no N das amostras (% Át. ^{15}N). Cálculos sobre a composição isotópica de amostras de N são detalhados em Trivelin et al. (1973) e Vose (1980).

A percentagem de nitrogênio na planta (ou órgãos), proveniente do fertilizante (% NPPF), foi determinada através da seguinte equação (Trivelin et al. 1973, Vose 1980):

$$\% \text{NPPF} = \frac{\% \text{ Át. } ^{15}\text{N} \text{ em excesso na planta (ou órgão)}}{\% \text{ Át. } ^{15}\text{N} \text{ em excesso no fertilizante}} \times 100 \text{ (I)}$$

onde: % Át. ^{15}N em excesso na planta = % Át. ^{15}N na planta - abundância natural de ^{15}N (0,371% Át. ^{15}N).

% Át. ^{15}N em excesso no fertilizante = 56,111.

A quantidade de nitrogênio na planta (ou órgãos) proveniente do fertilizante (QNPPF) foi calculada pela seguinte expressão:

TABELA 1. Resultados das análises de algumas características físicas e químicas da camada arável do solo em estudo.

Text. (%)	pH	C-Org. (%)	Nt. (%)	C/N	P. disp. (ppm)	Íons trocáveis (mEq/100 g)					CTC	
						Arg.	Silte	(1:1)	Ca ²⁺	Mg ²⁺		K ⁺
46,5	26,2	5,6	0,78	0,11	7,1	13	2,65	1,66	0,68	0,1	0,12	5,21

1. Análises feitas no laboratório de solos da ESALQ/USP.

$$QNPPF = \frac{\% NPPF \times QNTP}{100} \quad (II)$$

onde: QNTP = quantidade de nitrogênio total, acumulada pela planta (ou órgãos), em kg/ha.

E a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pela planta (ou órgãos) (EUFN) foi calculada de acordo com a expressão seguinte:

$$EUFN = \frac{QNPPF}{QNA} \times 100 \quad (III)$$

onde: QNPPF foi calculada pela equação (II), expressa em kg/ha.
QNA = quantidade de nitrogênio aplicada à cultura, em kg/ha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca e acumulação de nitrogênio

Na Fig. 1, são apresentados os dados de rendimento médio (kg/ha) de matéria seca total e de nitrogênio total acumulados pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) em cinco épocas do desenvolvimento da cultura, em função da adubação nitrogenada.

Observa-se que o efeito da adubação nitrogenada foi altamente significativo, fazendo com que, no final do ciclo (86 DAG), a produção de matéria seca total duplicasse em relação à testemunha.

O grande efeito diferencial do adubo nitrogenado sobre a produção de matéria seca não pode

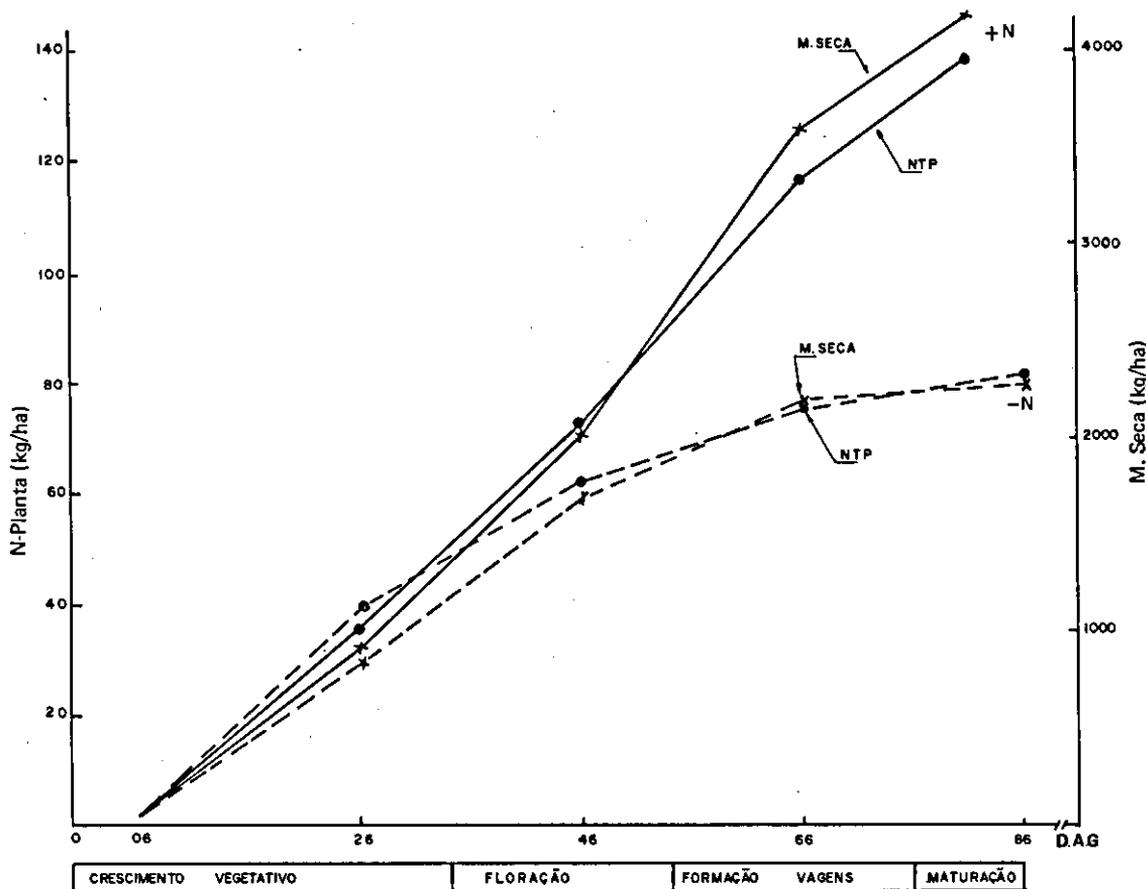


FIG. 1. Efeito da adubação nitrogenada no acúmulo de matéria seca e de nitrogênio total na planta (NTP) ao longo do desenvolvimento da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.).

ser atribuído somente ao nitrogênio, uma vez que, na colheita, observou-se que a concentração de N nos diferentes órgãos do tratamento testemunha não foi inferior à do tratamento com nitrogênio. Porém, na parte aérea da testemunha, encontraram-se baixos teores de cálcio (1,6%) e cobre (6 ppm), os quais, sendo, além disso, de baixa mobilidade no floema, podem ter afetado a formação de grãos e a síntese de proteínas, afetando, conseqüentemente, a produção da cultura. No tratamento com nitrogênio, estas deficiências não foram encontradas, o que pode ser devido ao efeito da fonte de N empregado, $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$, a qual, diminuindo o pH do solo (Bains 1967, Mello et al. 1980, Malavolta 1981) nas proximidades das raízes, pode ter solubilizado sais de cobre e compostos de cálcio do solo, etc., melhorando a nutrição da cultura.

Com relação ao acúmulo de nitrogênio na biomassa vegetal, observou-se que este acompanhou a produção de matéria seca, alcançando seus mais altos valores na época de formação das vagens. No final da cultura, o tratamento com nitrogênio acumulou 128,1 kg/ha de N, enquanto a testemunha só conseguiu acumular 82,4 kg/ha de N, apesar de não apresentar deficiência de N em seus tecidos, como foi mencionado anteriormente. Então, pode-se considerar que só a falta de óvulos fecundados nas vagens, como foi observado, pode ter limitado a produção de grãos e o rendimento total, assim como a absorção de nitrogênio do solo, da cultura sem adubação nitrogenada.

De acordo com Hill (1980) e Kollman et al. (1974), a translocação dos elementos móveis (como o N) no floema para os órgãos mais jovens e frutos depende grandemente da presença de um sumidouro (inflorescência ou órgãos de reserva) que estimula a redistribuição dos nutrientes. A baixa formação de óvulos fecundados no tratamento testemunha pode ter sido ocasionada, entre outros fatores, pelos baixos teores em cálcio e cobre, observados na parte aérea destas plantas.

Nitrogênio na planta, proveniente do fertilizante (NPPF)

Na Fig. 2, são apresentados os valores médios das percentagens de nitrogênio na planta (ou órgãos), provenientes do fertilizante (% NPPF), em

quatro épocas do desenvolvimento da cultura.

Observam-se diferenças significativas entre as épocas de amostragens, para todos os órgãos estudados, mas não entre órgãos dentro de cada idade da cultura. Na planta inteira (total), a percentagem máxima de NPPF (27,33%) ocorreu aos 66 DAG, com tendência a diminuir na época final (86 DAG). A similitude na percentagem do NPPF nos diferentes órgãos, em todas as épocas avaliadas, demonstrou a alta mobilidade e dinâmica do nitrogênio dentro da planta. Resultados similares foram encontrados por Meirelles et al. (1980) e Neptune & Muraoka (1978), com a mesma cultura e no mesmo tipo de solo. Geralmente, a percentagem de NPPF aumenta com as doses crescentes de nitrogênio aplicadas e varia com as épocas de aplicação e com o teor de N disponível do solo (Calvache 1981, Meirelles et al. 1980, Neptune & Muraoka 1978, Urquiaga Caballero et al. 1982).

A alta mobilidade e dinâmica dos compostos nitrogenados dentro da planta explica a pouca variação na composição isotópica do N nos diferentes órgãos da planta, a qual se deve ao fato de que as proteínas contidas na planta são resultado de contínua síntese e degradação, o que faz com que os aminoácidos e outros compostos sejam trocados dentro do floema e facilmente redistribuídos.

Na Fig. 3, apresentam-se os dados médios das quantidades (kg/ha) de nitrogênio na planta (ou órgãos), proveniente do fertilizante (NPPF), observando-se que esta variou significativamente ($p = 0,05$) entre épocas para todos os órgãos, exceto vagens. Cabe destacar que, aos 66 DAG, a planta acumulou 31,87 kg/ha de N-Fert., coincidindo com o maior desenvolvimento das vagens, e permaneceu assim, sem variação, até a colheita (30,52 kg/ha de N-Fert.). As quantidades de NPPF encontradas foram similares às encontradas por Calvache (1981) e Meirelles et al. (1980), que trabalharam com milho e feijão, respectivamente, no mesmo tipo de solo (Terra Roxa Estruturada).

Como pode ser observado na Fig. 4, a cultura não deixou de absorver nitrogênio até a fase final de seu desenvolvimento. Mesmo assim, observa-se, claramente, que o nitrogênio acumulado nos ramos e folhas até os 66 DAG não foi suficiente para cobrir as necessidades da cultura na forma-

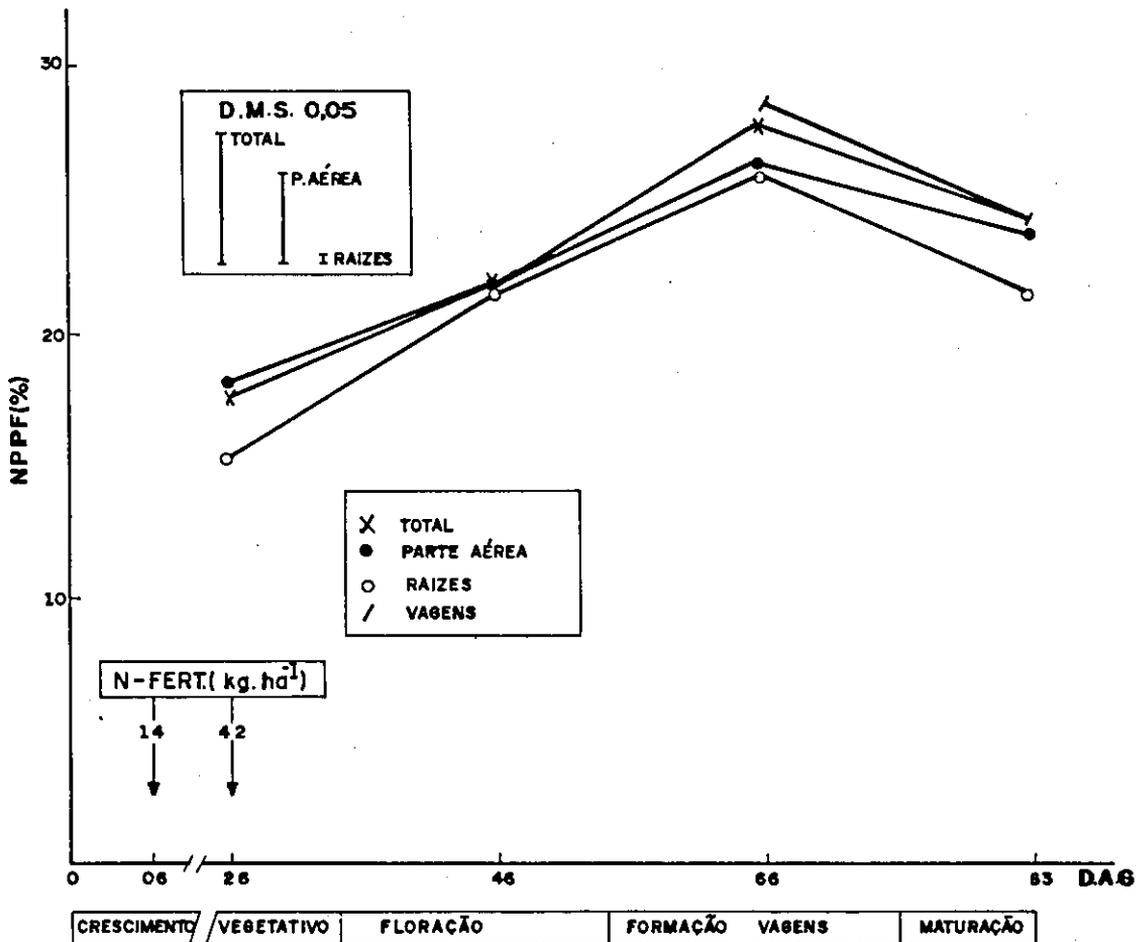


FIG. 2. Percentagem de nitrogênio na planta (ou órgãos) proveniente do fertilizante (NPPF) na cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), nas diferentes épocas de amostragens.

ção de vagens, razão pela qual, ainda nos últimos 20 dias, as raízes continuaram extraíndo nitrogênio. Nesta fase, a extração maior proveio do solo (NPPS), dado que o NPPF permaneceu sem variação, possivelmente por sua baixa quantidade no solo, relacionada a um pequeno efeito residual, nessa época. Estes resultados indicam que, em solos pobres em nitrogênio disponível, aplicações tardias de nitrogênio podem suprir as necessidades de N, melhorando a produção da cultura. Maiores pesquisas neste sentido devem ser efetuadas.

As quantidades de NPPF nunca foram maiores que as quantidades de N na planta proveniente do solo (NPPS), embora o ritmo de absorção deste nutriente, das duas fontes, tenha sido semelhante. Este comportamento foi muito similar ao encontrado por Meirelles et al. (1980) em cultura de feijão, para a qual, a máxima quantidade de NPPF (30 kg/ha de N) acumulado na planta ocorreu aos 40 DAG, sendo que, nesta época, o NPPS era muito baixo (13,9 kg/ha de N), mas continuou crescendo até chegar ao máximo (50 kg/ha de N) aos 66 DAG.

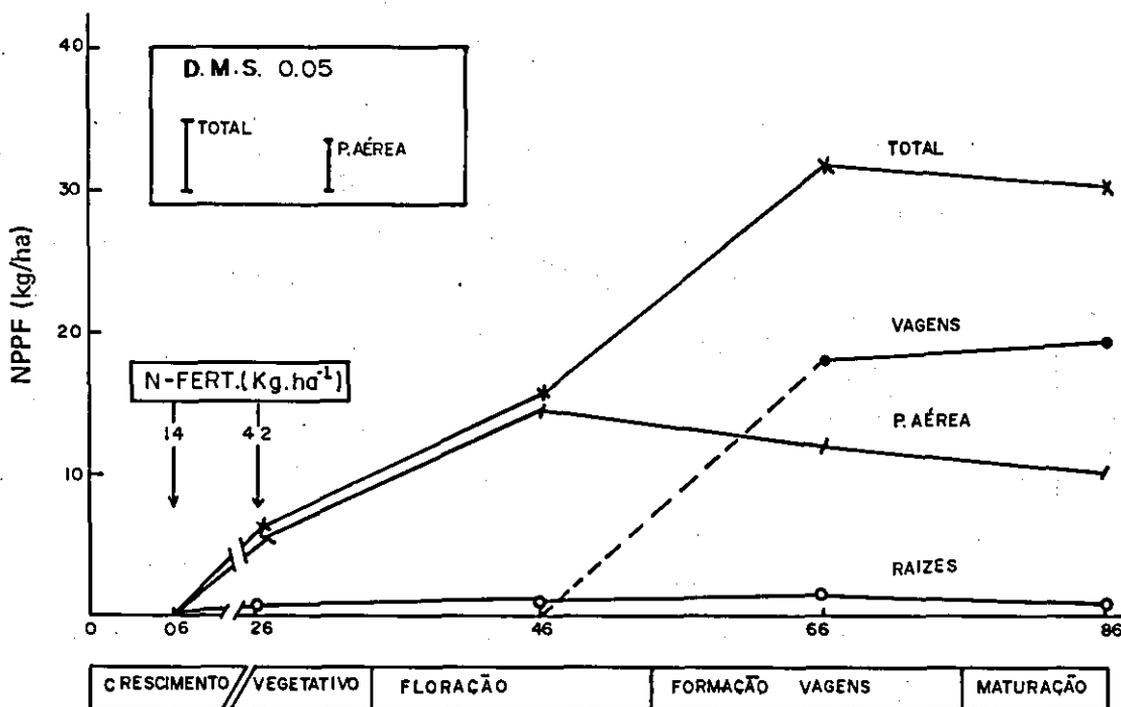


FIG. 3. Quantidade de nitrogênio (kg/ha) na planta (ou órgãos) proveniente do fertilizante (NPPF) na cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), nas diferentes épocas de amostragens.

Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN)

No que diz respeito à eficiência (%) de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN), observa-se, na Fig. 5, que a mesma, para a planta inteira, variou sensivelmente ($p = 0,05$), com as épocas de amostragem, da seguinte forma: na E2 (26 DAG), quando a cultura tinha recebido 14 kg/ha de N (1/3 do total), a EUFN foi de 48,29%; a partir daí, tendeu a diminuir na E3 (46 DAG) (37,08%), provavelmente pelo fato de que, ao se aplicar os 28 kg/ha de N restantes, a cultura pode não ter aproveitado eficientemente o N, no intervalo entre estas épocas (20 dias). A EUFN foi máxima (75,88%) também aos 66 DAG.

Pode-se dizer que a EUFN, neste caso, foi alta, porque esta dificilmente excede 50% em cereais (Arora et al. 1980), que normalmente extraem muito mais N que o feijoeiro. A EUFN encontrada é mais do dobro da obtida por Meirelles et al.

(1980) que, aplicando 100 kg/ha de N, em solo similar, obteve um aproveitamento, pela cultura, de 30 kg/ha de N, quantidade análoga à aproveitada nesta cultura (30,52 a 31,87 kg/ha de N), com aplicação de 42 kg/ha de N, também como sulfato de amônio. Deduz-se que a dose de aplicação teve papel importante na variação da EUFN. Neptune & Muraoka (1978), também em solo similar, mostraram que as mais altas EUFN ocorreram com baixas doses (15 - 30 kg/ha de N) de adubo, aplicadas nas épocas de maior absorção pela planta.

Diversos fatores, tais como dose, localização e época de aplicação do fertilizante, cultura, solo, clima e manejo podem afetar a EUFN pelas culturas (Arora et al. 1980, Calvache 1981, Malavolta 1981, Meirelles et al. 1980, Neptune & Muraoka 1978, Urquiaga Caballero et al. 1982).

Na Tabela 2, são apresentados os dados médios da quantidade de NPPF contida nas vagens e seus componentes (casca e grão) na colheita. Observa-se que o grão teve uma EUFN de 38,9%, acumulando

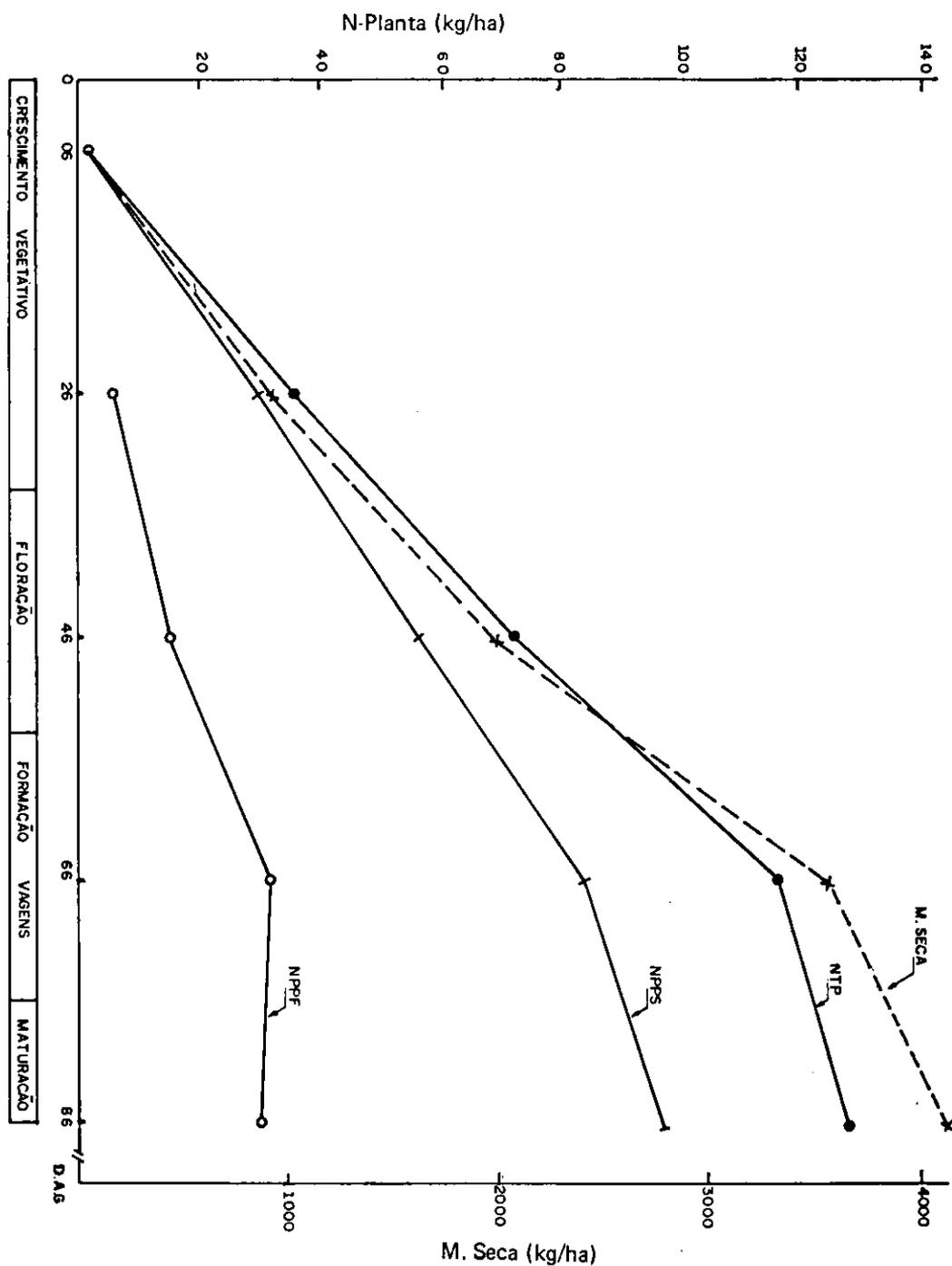


FIG. 4. Variação da acumulação de matéria seca (kg/ha) e da quantidade de nitrogênio total (kg/ha) na planta (NTP), proveniente do solo, (NPPS) e do fertilizante (NPPF), ao longo do desenvolvimento da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.).

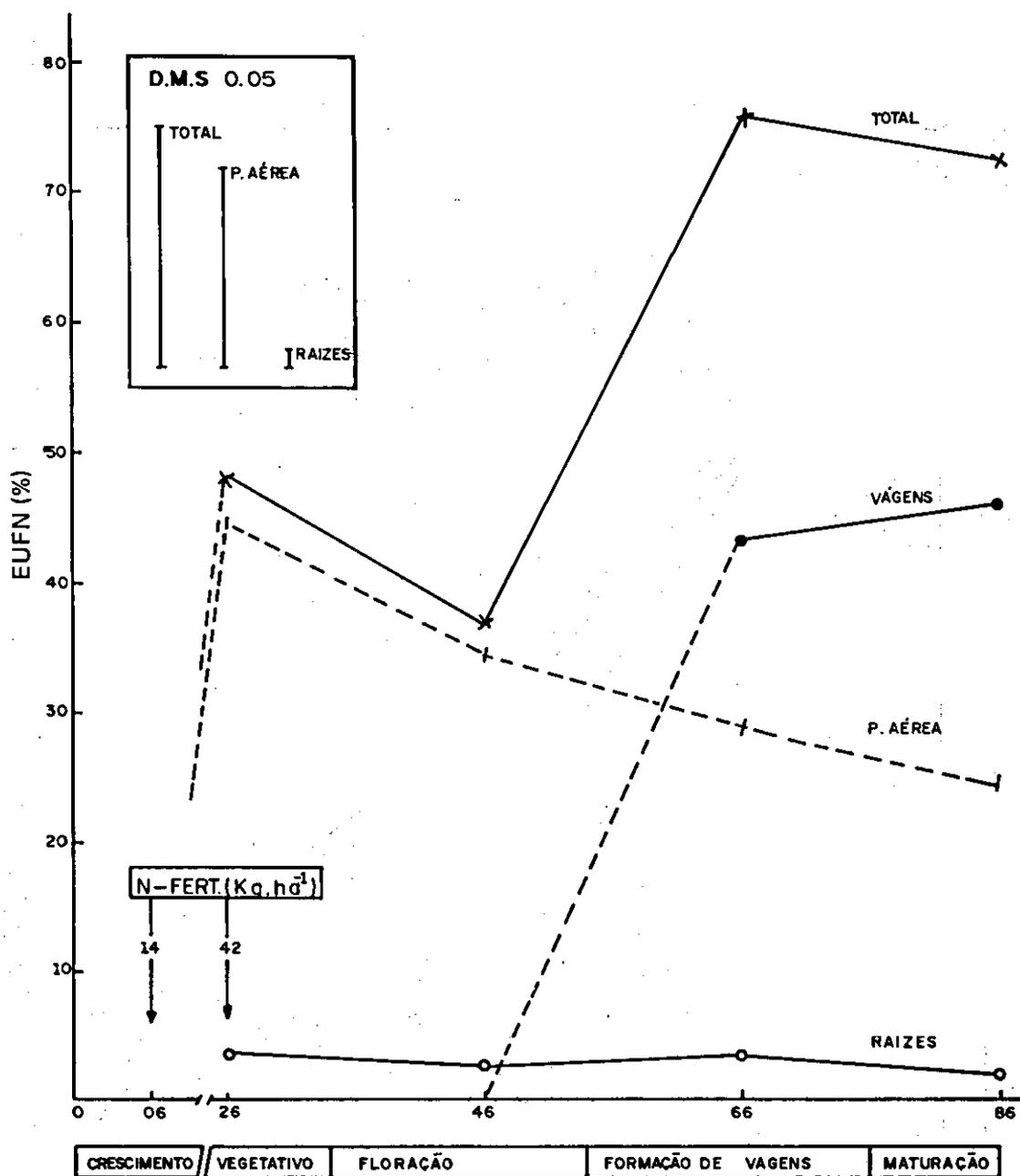


FIG. 5. Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) pela planta inteira (ou órgãos) da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), nas diferentes épocas de amostragens.

TABELA 2. Percentagem e quantidade (kg/ha) de nitrogênio proveniente do fertilizante (NPPF) nas vagens (casca e grãos) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) na colheita da cultura adubada com 42 kg/ha de N.

Vagem	M. seca (kg/ha)	N total absorvido (kg/ha)	¹⁵ N (% Exc.)	NPPF ^a		EUFN %
				%	(kg/ha)	
Casca	719,6	12,1	14,3	25,4	3,09	7,36
Grão	1.487,9	68,5	13,4	23,8	16,3	38,9
Total	2.207,5	80,6	-	24,1	19,4	46,3

^a % NPPF = (% Át. ¹⁵N Excesso) (56.111% Át. ¹⁵N-Fert. excesso)⁻¹ . 100

% EUFN = Eficiência de utilização do nitrogênio fertilizante (em percentagem).

16,3 kg/ha de N, proveniente do fertilizante (23,8% do total de N acumulado pelas sementes), o que significa que mais de 50% do NPPF absorvido pela cultura (30,52 kg/ha de N) foi exportado com o grão. Os resultados de Calvache (1981) e Neptune & Muraoka (1978) indicam que aproximadamente 70% do total de NPPF estiveram contidos nos grãos, em experimento com milho e feijão, respectivamente. Este valor pode chegar até 70% no feijoeiro, segundo Meirelles et al. (1980).

CONCLUSÕES

1. A adubação nitrogenada aumentou significativamente a produção de matéria seca e o nitrogênio extraído pela cultura, notando-se grande efeito da fonte empregada.

2. A percentagem, na planta, de nitrogênio proveniente do fertilizante (% NPPF) variou sensivelmente ($p = 0,05$) entre as épocas de desenvolvimento das plantas, mas não variou ($p = 0,05$) dentro de cada época em todos os órgãos avaliados da cultura.

3. A percentagem máxima, na planta, de nitrogênio proveniente do fertilizante (27,33%) e a eficiência máxima de utilização do fertilizante nitrogenado (75,88%) ocorreram aos 66 DAG, coincidindo com o estágio de maior desenvolvimento das vagens.

4. A quantidade de nitrogênio nos grãos, proveniente do fertilizante, foi de 16,3 kg/ha, sendo que a eficiência de utilização deste órgão foi de 38,90%.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, F.A.L.; REZENDE, H.E.C.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. & MALAVOLTA, E. Exigência de nitrogênio, fósforo e potássio de alguns cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). An. Esc. Sup. Agric. Luis de Queiroz, Piracicaba, 37:223-39, 1980.
- ARORA, R.P.; SACHDEV, M.S.; SUD, Y.K.; LUTHRA, V.K. & SUBBIAH, B.V. Fate of fertilizer nitrogen in a multiple cropping system. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, Austria. Soil nitrogen as fertilizer or pollutant. Vienna, 1980. p.3-22.
- BAINS, K.S. Effect of applied nutrients on soil fertility, chemical composition and yield of field beans. Indian J. Agron., 12(2):200-6, 1967.
- CALVACHE, A.M. Absorção, translocação e eficiência de utilização do nitrogênio fertilizante CO (¹⁵NH₂)₂ por cultivares de milho (*Zea mays*, L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1981. 85p. Tese Mestrado.
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. Trad. de E. Malavolta. São Paulo, Livros Técnicos e Científicos/EDUSP, 1975. p.286-324.
- FRIED, M.; TANJI, K.K. & POL, R.M. van de. Simplified long term concept for evaluating leaching of nitrogen from agricultural land. J. Environ. Qual., 5:197-200, 1976.
- GALLO, J.R. & MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. Bragantia, Campinas, 20: 867-84, 1961.
- GUSS, A. & DÖBEREINER, J. Efeito da adubação e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio em feijão. Pesq. agropec. bras. Sér. Agron., Rio de Janeiro, 7:87-92, 1972.
- HAAG, H.P. & MALAVOLTA, E. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. Bragantia, Campinas, 26: 381-91, 1967.
- HILL, J. The remobilization of nutrients from leaves. J. Plant Nutr., New York, 2(4):407-44, 1980.

- KOLLMAN, G.E.; STREETER, J.C.; JEFFERS, D.L. & CURRY, R.B. Accumulation and distribution of mineral nutrients, carbohydrate, and dry matter in soybean plants as influenced by reproductive sink size. *Agron. J.*, Madison, 66:549-54, 1974.
- LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Destino da uréia aplicada a um solo tropical. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 2:40-4, 1978.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola; adubos e adubação*. 3.ed. São Paulo, Ceres, 1981. p.31-95.
- MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., Campinas, SP, 1971. *Anais...* Viçosa, Imprensa Universitária, 1972. p.211-42.
- MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 4:83-8, 1980.
- MELLO, F.A.F.; POSSÍDIO, E.L.; PEREIRA, J.R.; ARAÚJO, P.P.; ABRAMOF, L. & COSTA, O.A. Efeito da adição de uréia e sulfato de amônio sobre o pH e nitrificação em um solo ácido. *An. Esc. Sup. Agric. Luis de Queiroz*, Piracicaba, 37:1-10, 1980.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S. & MASCARENHAS, H. A.A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, 22:511-9, 1963.
- NEPTUNE, A.M.L. & MURAOKA, T. Aplicação de uréia ^{15}N em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) cultivar Carioca. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 2:51-5, 1978.
- PONS, A.L. & GOEFFERT, C.F. Efeito da adubação nitrogenada em feijoeiro. I. Solo Camaquã. *Agron. sulriogr.*, Porto Alegre, 11(2):259-66, 1975.
- PROKSCH, G. Routine analysis of ^{15}N in plant material by mass-spectrometry. *Plant Soil*, 31(2):380-4, 1969.
- TRIVELIN, P.C.O.; SALATI, E. & MATSUI, E. Preparo de amostras para análise de ^{15}N por espectrometria de massa. Piracicaba, CENA, 1973. 41p. (Boletim Técnico, 2).
- URQUIAGA CABALLERO, S.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K.; PADOVESE, P.P.; MORAES, S.O. & VICTORIA, R.L. Estudo da mineralização do ^{15}N orgânico num oxisol (L.E.) e sua absorção por uma gramínea (*Melinis minutiflora* Beauv.). In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Piracicaba, SP. *Anais...* s.l., CENA, 1982.
- VOSE, P.B. *Introduction to nuclear technique in agronomy and plant biology*. Oxford, Pergamon, 1980. p.328-60.