

MANUEL INÁCIO VICENTE AMANE

ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA DA CULTURA DO FEIJÃO
(*Phaseolus vulgaris* L.) NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS: EFEITOS
DE DOSES, CALAGEM E RIZÓBIO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Fitotecnia,
para obtenção do título de “*Doctor
Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL

NOVEMBRO - 1997
MANUEL INÁCIO VICENTE AMANE

ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA DA CULTURA DO FEIJÃO
(*Phaseolus vulgaris* L.) NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS: EFEITOS
DE DOSES, CALAGEM E RIZÓBIO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Fitotecnia,
para obtenção do título de “*Doctor
Scientiae*”.

Aprovada: 03 de outubro de 1997.

Prof. Victor Hugo Alvarez
Venegas

Prof. Geraldo Antônio de Andrade Araújo
(Conselheiro)

Prof. Antônio Américo Cardoso

Prof. Paulo César Rezende Fontes

Prof. Clibas Vieira
(Orientador)

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A484a
1997

Amane, Manuel Inácio Vicente, 1956-

Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais: efeitos de doses, calagem e rizóbio / Manuel Inácio Vicente Amane. – Viçosa : UFV, 1997.

83p. : il.

Orientador: Clibas Vieira

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa

1. Feijão - Adubação nitrogenada. 2. Feijão - Adubação molíbdica. 3. Solos - Calagem. 4. Rizóbio - Inoculação em feijão. I. Universidade Federal de Viçosa . II. Título.

CDD 19.ed. 635.652894

CDD 20.ed. 635.652894

BIOGRAFIA

Manuel Inácio Vicente Amane, filho de Inácio Vicente Amane e de Amélia Pedro Colete, nasceu em Quelimane, Província da Zambézia, República de Moçambique, aos dois dias de outubro do ano de 1956.

Em dezembro de 1981, recebeu o título de Engenheiro-Agrônomo, conferido pela Universidade Eduardo Mondlane, em Maputo, Moçambique.

De abril de 1982 a junho de 1984, trabalhou na Companhia do Boror, no Programa de Produção e Melhoramento de Coqueiro, em Quelimane.

De julho de 1984 a outubro de 1987, trabalhou na Empresa Nacional de Sementes, em Maputo.

Em novembro de 1987, foi transferido para o Instituto Nacional de Investigação Agronômica (INIA), onde trabalha no Programa de Leguminosas de Grão.

Em novembro de 1993, recebeu o título de *Magister Scientiae* em Fitotecnia, conferido pela Universidade Federal de Viçosa.

Em setembro de 1993, iniciou o curso de pós-graduação em Fitotecnia, em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa.

Aos meus pais Inácio e Amélia (**in memoriam**).

Aos meus irmãos Gracinda, Arcanjo e Lina.

A todos os meus amigos.

Dedico.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela sua presença e proteção constantes em minha vida e pela graça concedida para cumprir esta etapa.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor Clibas Vieira, pela orientação e pelos exemplos de competência e profissionalismo.

Aos professores Roberto Ferreira de Novais e Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pela colaboração, pelas críticas e pelas valiosas sugestões.

Ao professor Antônio Américo Cardoso, pelo apoio, pela valiosa orientação nas análises estatísticas e pelas sugestões apresentadas.

Aos professores Victor Hugo Alvarez Venegas e Paulo César Rezende Fontes, pelas críticas e sugestões apresentadas.

Aos professores das disciplinas cursadas, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Fitotecnia, pelos ensinamentos e pelo agradável convívio.

Aos colegas de Pós-Graduação, aos companheiros e amigos no dia-a-dia da vida.

Ao amigo Henrique Tomé da Costa Mata, pela sua amizade, pelo incentivo e por toda a colaboração.

Aos meus familiares, pelo exemplo de luta e carinho.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Nitrogênio	4
2.2. Molibdênio	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Efeitos de N, Mo e rizóbio	14
3.2. Efeitos de doses de nitrogênio e de molibdênio	17
3.3. Efeitos da calagem sobre a adubação molíbdica	19
3.4. Adubação nitrogenada e molíbdica em solos da Zona da Mata de Minas Gerais.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Efeitos de N, Mo e rizóbio	24
4.2. Efeitos de doses de nitrogênio e de molibdênio	29
4.3. Efeitos da calagem sobre a adubação molíbdica	44
4.4. Efeitos da adubação nitrogenada e molíbdica em solos da Zona	

da Mata de Minas Gerais.....	51
	Página
5. RESUMO E CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICE	66

EXTRATO

AMANE, Manuel Inácio Vicente, D.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 1997. **Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais: efeitos de doses, calagem e rizóbio.** Professor Orientador: Clibas Vieira. Professores Conselheiros: Roberto Ferreira de Novais e Geraldo Antônio de Andrade Araújo.

O objetivo do estudo foi avaliar, na Zona da Mata de Minas Gerais, os efeitos sobre a cultura de feijão do nitrogênio, molibdênio e rizóbio, combinados ou não, bem como da calagem sobre a adubação molíbdica. Procurou-se ainda avaliar o efeito da adubação N + Mo na cultura, em seis municípios da referida zona. Quatro grupos de experimentos foram conduzidos em campo no período de abril de 1994 a novembro de 1996. No primeiro grupo estudaram-se os efeitos de N, Mo e rizóbio, em Leopoldina e Visconde do Rio Branco. No segundo grupo estudaram-se os efeitos de doses de N e de Mo, em Coimbra. No terceiro grupo estudaram-se os efeitos da calagem sobre a adubação molíbdica, em Coimbra. No quarto grupo estudou-se a adubação N + Mo em seis municípios da Zona da Mata: Visconde do Rio Branco, Coimbra, Leopoldina, Viçosa, Ponte Nova e Ervália. Os resultados mostraram o seguinte: 1) quando se aplica N no plantio (NP) e, mais tarde, Mo nas folhas (MoF), o N em cobertura (NC) pode ser

dispensado; 2) quando não se emprega NP, a aplicação em cobertura pode substituí-lo, pelo menos parcialmente, se também for aplicado o Mo; 3) a produtividade de grãos, o peso médio de sementes e os teores foliares de N, Cu, Mn e Zn aumentaram, com o emprego de doses crescentes de N. Os teores de K e S diminuíram, este último em forma quadrática, com um mínimo obtido com a dose de 64 kg/ha de N. Com o aumento das doses de Mo verificou-se aumento em forma quadrática da produtividade, peso médio de sementes e teor foliar de N, com valores máximos obtidos com as doses correspondentes a 72, 100 e 119 g/ha, respectivamente. Em relação aos teores de S e Cu verificou-se diminuição, o primeiro em forma quadrática, com um mínimo obtido com a dose de 92 g/ha; 4) aumentando-se a dose de N, diminuiu a dose de Mo necessária para obtenção de produtividade máxima e do teor máximo de N nas folhas; 5) a produtividade máxima de grãos foi obtida quando se aplicaram 90 kg/ha de N + 72 g/ha de Mo; 6) o efeito combinado de N + Mo foi mais vantajoso do que a aplicação isolada de N ou Mo; 7) a aplicação de NP + MoF permitiu maior rendimento que a aplicação de NC + MoF; 8) no experimento sobre efeito da calagem na adubação molíbdica, não se obtiveram informações que possibilitassem uma contribuição para o assunto.

ABSTRACT

AMANE, Manuel Inácio Vicente Amane, D.S., Federal University of Viçosa, November, 1997. **Nitrogen and molybdenum fertilization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at Zona da Mata, Minas Gerais: effects of doses, liming and Rhizobium.** Adviser: Clibas Vieira. Committee members: Roberto Ferreira de Novais and Geraldo Antônio de Andrade Araújo.

The objective of this work was to evaluate the effects of N, Mo and Rhizobium on common beans at Zona da Mata, Minas Gerais. Another objective was to evaluate the effect of N + Mo fertilization on the crop in six municipalities of this region. Four different experiment groups were carried out under field conditions from April 1994 to November 1996. The following effects were evaluated: in the first group, N, Mo and Rhizobium; in the second group, N and Mo doses; in the third group, liming on Mo fertilization and in the fourth group, N + Mo fertilization, in six municipalities of Zona da Mata. The results showed that: 1) applying N in planting row (NP) followed by Mo as foliar spray (MoF), N as side dressing (NC) can be avoided; 2) when N is missing in the planting row, NC can replace it, at least partially, if MoF is also applied; 3) the grain yield, average seed weight and the content of N, Cu, Mn and Zn increased as N doses were increased. K and S content decreased, the latter in a quadratic form with

minimum doses of 64 kg/ha. On the other hand, increased Mo increased, in a quadratic form, grain yield, average seed weight and N leaf content with maximum values obtained with, respectively, 72, 100 and 119 g/ha of Mo; S and Cu decreased, the former in a quadratic form with a minimum obtained with 92 g/ha of Mo; 4) when N was increased, there was a decrease in the Mo doses applied to get maximum yield and high N leaf content; 5) the maximum grain yield was obtained when 90 kg/ha of N and 72 g/ha of Mo were applied; 6) the combined effect of N + Mo was better than N or Mo applied alone; 7) application of NP + MoF gave higher yield than NC + MoF. Unfortunately the experiment testing the effect of liming on molybdenum fertilization did not provide any information to this study.

1. INTRODUÇÃO

Estudos realizados na Zona da Mata de Minas Gerais têm mostrado acentuado aumento de produtividade do feijoeiro com a aplicação das adubações nitrogenada e molíbdica. Entretanto, não se sabe ainda quais as doses de N que, em combinação com as de Mo, propiciam as maiores produções.

O N é o principal constituinte de aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos e biomoléculas essenciais para o crescimento das plantas. Por isso, torna-se indispensável ao feijoeiro, para que ele possa alcançar um bom desenvolvimento e formar grãos com maior valor nutritivo. No Brasil, a aplicação deste macronutriente tem proporcionado maiores e mais freqüentes respostas positivas na cultura do feijoeiro, depois do fósforo (VIEIRA, 1978).

O Mo tem papel vital na fixação simbiótica do N pelos rizóbios e exerce papel indispensável na assimilação do nitrato absorvido pelas leguminosas (MARSCHNER, 1995). A deficiência deste elemento nas leguminosas pode provocar acúmulo de nitrato na folha, devido à não-indução da enzima redutase do nitrato. Por outro lado, o suprimento adequado pode influir positivamente, na eficiência do *Rhizobium* no processo de fixação biológica do N, aumentando sua quantidade fixada pelo nódulo.

Nas regiões tropical e subtropical, muitas vezes o feijoeiro é cultivado em solos ácidos, onde ocorre dificuldade de fixação do N. Nestas condições, a fixação é freqüentemente pobre. Um dos fatores que pode limitar a fixação do N é a deficiência do Mo (FRANCO et al., 1979), agravado pela imobilização deste quando o pH do solo é baixo (SIQUEIRA e VELLOSO, 1978). O uso de meios que modifiquem condições adversas de acidez do solo, indesejável presença de Al e Mn em níveis tóxicos e deficiência de P e Mo, pode ser uma solução para aumentar a produtividade da cultura e abrir novas áreas de cultivo. A calagem dos solos, ou seja, o fornecimento de fontes de Ca e Mg, na forma de calcário, proporciona a elevação do pH, neutralização do Al, aumenta a disponibilidade de Mo, melhora as condições para a ação dos rizóbios e para os microrganismos que mineralizam a matéria orgânica. O efeito da calagem sobre a acidez, capacidade de troca catiônica, disponibilidade de nutrientes, toxicidade, matéria orgânica, estrutura, atividade microbiana e outras propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo e sobre o desenvolvimento e produtividade de diversas culturas tem sido um dos tópicos mais estudados e discutidos no campo da ciência do solo. FAGERIA (1984) cita que alguns autores têm evidenciado efeitos negativos da calagem, sendo os mais comuns as depressões dos teores de Zn, Mn e Cu disponíveis. Quase sempre, ao elevar o pH, esses cátions tornam-se insolúveis pela formação de hidróxidos (no caso de Zn e Cu) ou de formas oxidadas de valências mais elevadas (Mn). Além destes elementos, P, K, Fe e B tornam-se menos disponíveis.

No Brasil, a inoculação do feijoeiro não constitui prática usual, conforme mencionam SAITO e RUSCHEL (1980) e FERRAZ (1982), apesar de resultados positivos relatados por vários pesquisadores (RUSCHEL et al., 1966; RUSCHEL e RUSCHEL, 1975; RUSCHEL e SAITO, 1977; SAITO e CARDOSO, 1977; RUSCHEL et al., 1979; LIMA, 1981). A inoculação com estirpes pouco competitivas constitui uma das causas do pouco uso de inoculantes no feijoeiro

(SAITO e RUSCHEL, 1978; PEREIRA, 1982). Estudos realizados por DÖBEREINER e RUSCHEL (1961) evidenciaram que, em condições brasileiras, o rizóbio pode fixar suficiente quantidade de N para suprir as necessidades do feijoeiro, pelo menos até a época da floração.

Os estudos sobre a associação das adubações nitrogenada e molíbdica na cultura do feijoeiro são muito recentes, no Brasil. Neste trabalho, procurou-se avaliar, na Zona da Mata de Minas Gerais, os efeitos do N, Mo, rizóbio e calagem sobre a cultura do feijão. Procurou-se, ainda, avaliar o efeito da adubação N + Mo na cultura, em seis municípios dessa mesma região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Nitrogênio

O N é um dos elementos que, após o C, o H e o O, está presente em maior quantidade nas plantas. Este elemento desempenha função decisiva na fisiologia da planta, atuando tanto na sua estrutura quanto no seu metabolismo (TAIZ e ZEIGER, 1991).

O metabolismo do C e a assimilação do N estão fortemente acoplados. A energia e os esqueletos carbonados, para assimilação do N, são provenientes do metabolismo do C e a produção de novos tecidos é controlada pelo suprimento de N. O N altera a composição da planta de forma mais intensa do que qualquer outro nutriente, refletindo a competição, por fotossintatos, entre as várias rotas metabólicas (MARSCHNER, 1995).

A absorção do N pela planta é afetada pelas condições ambientais (temperatura, aeração, pH do solo, atividade de outros elementos na solução, estresse hídrico e da concentração do sal na zona radicular), sendo também dependente do genótipo. A taxa de absorção do N varia durante o ciclo de vida da

planta. A maior concentração deste nutriente é absorvida durante o estágio vegetativo e, desta, a maior parte é translocada para a semente durante seu período de enchimento.

A absorção e partição de N são afetadas pelo teor deste elemento e CO₂ absorvido pelas folhas. Com o aumento da aplicação do N, aumentam a área foliar, a fotossíntese e o acúmulo de matéria seca na parte aérea. (TAIZ e ZEIGER, 1991).

A preferência quanto à forma iônica do N pode mudar, durante o crescimento da planta, de acordo com o seu estágio de desenvolvimento. O amônio absorvido pela planta tem que ser logo incorporado a esqueletos carbônicos na raiz, sendo translocado para a parte aérea na forma de aminoácidos, amidas e compostos relacionados para posterior utilização, não podendo ser armazenado, por ser tóxico para a planta, e atuando como desacoplador da fotofosforilação (MARSCHNER, 1995).

O N desempenha também, na planta, funções de osmorregulação. Após a absorção, o nitrato pode ser reduzido nas raízes ou translocado para a parte aérea, onde atua como osmorregulador, mantendo o equilíbrio eletroquímico celular pelo acúmulo no vacúolo. O nitrato é reduzido a amônio pela atividade de nitrato-redutase e nitrito-redutase em reações localizadas, respectivamente, no citoplasma e no cloroplasto (REDINBAUGH e CAMPBELL, 1991). O amônio é incorporado em cetoácidos, formando aminoácidos, os quais seguem diferentes rotas metabólicas, como a síntese de proteínas, coenzimas e ácidos nucleicos, dentre outras moléculas vitais (MARSCHNER, 1995). O teor de nitrato nas plantas é determinado por vários fatores, com destaque para luminosidade, disponibilidade de nitrato e Mo, interação de nutrientes, tipos e fontes de adubos nitrogenados e inibidores de nitrificação (SCHARPF, 1991).

A luz atua na redução do nitrato a nitrito por meio da indução da nitrato-redutase e pelo aumento da disponibilidade de NADH, o doador de elétrons na

reação (MARSCHNER, 1995). A luz também determina o acúmulo de nitrato em plantas, porque os açúcares sintetizados em maior atividade fotossintética substituem o nitrato como componente osmótico (BEHR e WIEBE, 1992).

Embora o feijoeiro seja uma leguminosa, o N fornecido pelo processo de fixação biológica de N é, muitas vezes, insuficiente em relação às quantidades de N necessárias para altas produtividades (GEORGE e SINGLETON, 1992; PIHA e MUNNS, 1987). Aplicação de fertilizantes nitrogenados é muitas vezes recomendada quando se visam altas produtividades ou em condições de baixa disponibilidade deste elemento no solo.

Resposta da planta à nutrição nitrogenada é de importância considerável na agricultura. Embora, freqüentemente, o fornecimento de N limite o crescimento de espécies vegetais, em condições de campo, o mecanismo preciso por meio do qual essa limitação ocorre não é claro. Baixo fornecimento de N reduz a taxa de divisão e expansão celular, fotossíntese e produção de folhas (CHAPIN, 1980; CLARKSON e HANSON, 1980; RADING e EIDENBOCK, 1986, EVANS, 1983; SINCLAIR e HORIE, 1989). Contudo, não se sabe qual dos processos é afetado primeiro ou mais intensamente pela deficiência de N. Sabe-se, há muito tempo, que a deficiência de N causa redução na área foliar mais drasticamente que a taxa de fotossíntese líquida (WATSON, 1952; RADING e BOYER, 1982).

O N afeta a formação de raízes, fotossíntese, e também a formação de órgãos florais, a produção, a acumulação e a translocação de assimilados. Além disso, o N também está envolvido diretamente no processo de expansão foliar (MARSCHNER, 1995; NATR, 1992). O decréscimo na taxa de crescimento foliar, e a conseqüente redução no tamanho das folhas, parece ser o maior resultado da deficiência de N nas plantas (NATR, 1992). TESAROVA e NATR (1986) evidenciaram esse fato ao verificarem redução de, aproximadamente, 50% da área foliar e do peso da matéria seca das folhas em aveia.

O N é o elemento mais absorvido durante o ciclo de vida da cultura do feijão (GALLO e MIYASAKA, 1961) e seu acúmulo na planta acompanha o acúmulo de matéria seca total (CABALLERO et al., 1985; GRANADOS et al., 1986/1987). A adubação com fertilizantes nitrogenados, associada a altas densidades de fluxo luminoso, aumenta a produção de sementes de feijão, em consequência do incremento nos componentes de produção (EDJE et al., 1975; ALMEIDA et al., 1988).

O N é um dos elementos que na adubação provoca o maior número de respostas positivas no feijoeiro (VIEIRA, 1978), embora não haja uma consistência de resultados, o que indica a necessidade de mais estudos do seu comportamento no solo e na planta. Contudo, sabe-se que há resposta diferencial de cultivares à aplicação de N (OLIVEIRA e THUNG, 1988; AMANE et al. 1994).

MALAVOLTA (1972) relacionou 54 ensaios de adubação, nos quais foram estudadas as respostas ao N no Estado de São Paulo, e concluiu que, em 32% dos casos, houve resposta ao nutriente, o que concorda com o resultado relatado por IGUE (1968) que, em 50 ensaios, apenas encontrou resposta em 14.

SILVA et al. (1989), estudando a resposta de três cultivares de feijão (Carioca, Eriparza e Rio Tibagi) ao N, em Lavras, verificaram que eles responderam diferencialmente às doses aplicadas. O Carioca mostrou-se mais eficiente na utilização do N, ocorrendo o contrário com o Rio Tibagi. O cultivar mais precoce, Eriparza, não respondeu à adubação nitrogenada.

Em três experimentos conduzidos nos municípios de Tocantins e Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais, CARDOSO et al. (1978), testando fertilizantes nitrogenados, obtiveram efeito linear e positivo sobre a produtividade de grãos quando utilizaram até 90 kg/ha e, num experimento, até 150 kg/ha de N, aplicados parte no sulco de plantio e parte em cobertura.

REIS et al. (1972) observaram que, em experimento das “águas”, a falta de adubo nitrogenado no sulco de plantio foi prejudicial à produção de sementes, porém, o mesmo comportamento não foi observado no período da “seca”.

2.2.Molibdênio

Entre os micronutrientes para o desenvolvimento das plantas, o Mo é o requerido em menores quantidades. Ele interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas (GUPTA e LIPSETT, 1981; PRICE et al., 1983) por meio do metabolismo do N, participando como cofator de enzimas, tais como a redutase do nitrato em plantas (WARNER e KLEINHOF, 1982; PRICE et al., 1983; RAJASEKHAR e OELMULLER, 1987). A produção de metabólitos nitrogenados (aminoácidos e proteínas) é afetada pela deficiência de Mo nas plantas (SACO et al., 1995).

O intemperismo de minerais contendo Mo libera principalmente os íons molibdato, MoO_4^{2-} , em solos com pH entre 5 e 6, e HMoO_4^- com valores de pH mais baixos. Neste aspecto, o elemento passa a ter semelhança em comportamento com o fósforo. Os molibdatos, como os fosfatos, são adsorvidos aos colóides do solo, principalmente óxido-hidróxidos de Fe e Al, e essa adsorção diminui com o aumento do pH. Com pH muito alto o MoO_4^{2-} pode combinar com o Ca^{2+} , dando CaMoO_4 , que é muito solúvel, ao contrário do fosfato de cálcio, que é muito pouco solúvel (KOCHIAN, 1991).

BARROW (1970) determinou isotermas para o molibdato em solos e mostrou que a sua adsorção era muito semelhante à do fosfato e sulfato. Assim, as mesmas propriedades que influenciam a adsorção destes íons devem afetar a do molibdato, ou seja, pH, teores de óxidos de Fe e Al e teores de argila. CATANI et al. (1970) e SIQUEIRA e VELLOSO (1978), estudando solos do Brasil, verificaram que a adsorção do molibdato decrescia com o aumento do pH,

e os últimos constataram que as maiores adsorções se deram a pH próximo de 4, justamente o valor da segunda constante de dissociação do ácido molíbdico.

Para um dado solo, a disponibilidade de molibdênio cresce com o aumento do pH, porque, ao que parece, o MoO_4^{2-} adsorvido é deslocado dos sítios de troca pelo OH^- (MALAVOLTA, 1980).

O Mo aparece no solo em diferentes formas: nos minerais primários e secundários, adsorvido a óxido-hidróxidos de Fe e Al, na matéria orgânica e na solução do solo. As concentrações das formas em solução geralmente decrescem na seguinte ordem: $\text{MoO}_4^{2-} > \text{HMoO}_4^- > \text{H}_2\text{MoO}_4^0 > \text{MoO}_2(\text{OH})^+ > \text{MoO}_2^{2+}$. Na faixa de pH entre 3 e 5, as três primeiras contribuem significativamente com o total de Mo em solução. Os dois últimos íons geralmente não são encontrados nos solos (LINDSAY, 1979).

O Mo pode formar complexos na rizosfera com compostos orgânicos de plantas e de origem microbial, que podem aumentar sua mobilidade na rizosfera, facilitando-lhe a difusão até à membrana plasmática das células da raiz. A taxa de absorção de MoO_4^{2-} pelas raízes é estritamente relacionada com a atividade metabólica.

O Mo é absorvido pelas plantas como molibdato (MoO_4^{2-}); todavia, o mecanismo pelo qual é absorvido e seu subsequente transporte nas plantas não são bem definidos. O teor de Mo nas plantas é, geralmente, baixo, sendo menor que 1,0 mg/kg de matéria seca (MENGEL e KIRKBY, 1987).

No início do ciclo das plantas, a absorção do Mo do solo é pequena. Após a floração, as plantas absorvem regularmente o Mo do solo e aumentam as concentrações na planta. Essa característica de absorção deve ser devida à mudança na disponibilidade do Mo do solo e, ou, às atividades de absorção do Mo do solo com o crescimento e pela fixação de N nos nódulos (KOCHIAN, 1991).

A cinética de absorção do MoO_4^{2-} foi pouco estudada, mas sabe-se que é dependente de energia. O ânion MoO_4^{2-} é forma predominante no xilema, quando não está associado com outros constituintes da planta. Contudo, a forma de Mo translocado nas plantas não é conhecida e a possibilidade de estar complexado com compostos orgânicos não pode ser excluída. As estabilidades de tais quelatos no pH do xilema não são conhecidas. O transporte para a parte aérea é feito por fluxo em massa. (KOCHIAN, 1991).

O Mo participa como cofator em enzimas envolvidas em reações bioquímicas importantes no metabolismo das plantas. Conforme EPSTEIN (1975), o Mo aparece em várias metaloenzimas das quais as mais importantes estão relacionadas com o metabolismo do N, ou seja, a fixação do N (nitrogenase) e redução do nitrato (redutase do nitrato).

Plantas nutridas com amônio podem manifestar sintomas de deficiência de N quando se desenvolvem na ausência de molibdênio. Este comportamento pode estar associado com um possível acúmulo de nitrato na planta, resultado da nitrificação do amônio e síntese insuficiente da redutase do nitrato.

Na ausência de Mo, a adição de nitrato evidenciará mais ainda a deficiência de N, uma vez que a planta acumulará nitrato por ser incapaz de reduzi-lo a amônio (VIDOR e PERES, 1988). Aparece clorose nas folhas mais velhas, na forma de manchas que podem tornar-se necróticas, encurvamento e estrangulamento do limbo. Em algumas plantas, a lâmina se curva para cima (tomateiro) enquanto, em outras, o faz para baixo ao longo da nervura principal (cafeeiro) (MALAVOLTA, 1980). Algumas espécies podem apresentar áreas úmidas e translúcidas e a floração pode ser suprimida. Em laranjeira observaram-se sintomas em folhas do novo ciclo de crescimento, caracterizadas pelo aparecimento de manchas grandes, amarelo-brilhantes, de forma circular ou elípticas entre as nervuras. Na face inferior, estas manchas se tornam pardas e resinosas, ocorrendo também acentuada queda de folhas (MALAVOLTA, 1980).

A produção de metabólitos nitrogenados (aminoácidos e proteínas) é afetada pela deficiência de Mo. Em caso de baixo teor de Mo na planta, ocorre redução na atividade da enzima redutase do nitrato. Com isso, ocorre redução na síntese de aminoácidos e, conseqüentemente, também de proteínas. Dessa forma, o Mo exerce papel direto no crescimento e desenvolvimento das plantas. Por outro lado, adições de Mo resultarão em maior síntese da redutase do nitrato e, conseqüentemente, em maior atividade redutora, principalmente na presença de altas concentrações de nitrato. Nessas condições, ocorrerá um aumento na síntese de aminoácidos, devido ao aumento de reações de aminação entre o amônio formado pela redução assimilativa do nitrato e os ácidos orgânicos provenientes da fotossíntese.

O Mo pode também afetar indiretamente o metabolismo de N por meio de aminoácidos contendo S. O catabolismo de aminoácidos (p. ex., cisteína) inclui a oxidação enzimática de SO_3^- para SO_4^{2-} na mitocôndria. Essa reação é catalisada pela SO_3 oxidase, uma hemoproteína contendo Mo, que medeia a transferência de elétrons entre SO_3^- e SO_4^{2-} (RÖMHELD e MARSCHNER, 1991).

As espécies cultivadas apresentam diferenças quanto ao requerimento de Mo, expressas por variações na capacidade de absorção, translocação, acúmulo no tecido e utilização. Boa parte dessas diferenças são inerentes à própria espécie e, portanto, controladas geneticamente.

Entre os micronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, o Mo tem merecido uma atenção especial, na cultura do feijoeiro, no Brasil.

Em estudos realizados num solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, BRAGA (1972) verificou que o molibdato de sódio, aplicado em vasos, juntamente com a adubação NPK e misturado ao solo, permitiu uma resposta quadrática, com 13,50 g/ha dando a máxima produção.

ARAÚJO (1977), utilizando ácido molíbdico como fonte de Mo e aplicando-o por meio de peletização das sementes, obteve resposta quadrática, com produtividade máxima com a dose de 19,8 g/ha.

Robitaille (1975), citado por VIEIRA (1994), constatou, em Viçosa, que 61 g/ha de Mo, na forma de molibdato de amônio, aplicado quando a primeira folha trifoliolada estava completamente desenvolvida, permitiu produções tão boas quanto a aplicação de 40 kg/ha de N. Notou, entretanto, considerável diferença varietal quanto à resposta ao Mo. AMANE et al. (1994), estudando, em Viçosa e Coimbra, a resposta de 17 cultivares de feijão às adubações nitrogenada e molíbdica, verificaram também comportamento diferencial dos cultivares em relação à produtividade de grãos, peso das sementes e teores de nitrogênio nas folhas

Em Viçosa, VIEIRA et al. (1992) verificaram que 20 g/ha de Mo, em aplicação foliar, aumentaram o rendimento da cultura do feijão em 200%, mas, junto com a adubação nitrogenada, houve um aumento adicional de cerca de 18%. Em Ponte Nova, o resultado foi diferente: sozinho o Mo não teve efeito, mas, combinado com N, trouxe um aumento de produção de 50%, aproximadamente.

BERGER et al. (1996), estudando o efeito de doses e épocas de aplicação do Mo sobre a cultura de feijão, verificaram que a dose deste micronutriente em aplicação foliar, que permite a mais alta produção de feijão, é de 80 a 90 g/ha e a época mais propícia para essa aplicação é de 14 a 28 dias após a emergência do feijoeiro.

SAIRAM et al. (1995), estudando o efeito de doses de S e de Mo sobre o crescimento, a assimilação do nitrato e os teores de nutrientes em *Phalaris* verificaram que o efeito inibitório do Mo em altas doses, se devia ao seu efeito prejudicial na enzima redutase do nitrato. O Mo é cofator metálico dessa enzima e ajuda na transferência de elétrons de NADH à nitrato para sua redução a nitrito.

Ainda, segundo esses autores, parece presumível que sob condições de excessivo Mo, mais do que um átomo deste elemento pode-se ligar a enzima tornando-a biologicamente inativa, como enzima funcional. Tal fato, resulta em diminuição na assimilação do nitrato e redução do N; conseqüentemente, ocorre diminuição nas proteínas, nos ácidos nucléicos, nos cofatores, na clorofila, nos reguladores do crescimento e, finalmente, no crescimento.

Estudando a resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, em Lavras, ANDRADE et al. (1996) verificaram que a inoculação com *Rhizobium* não foi eficiente e que o rendimento de grãos foi semelhante à testemunha. A adição de N em cobertura ou na semeadura + cobertura propiciou acréscimos de 48 e 93%, respectivamente, em relação ao rendimento da testemunha. Por sua vez, a aplicação foliar de 40 g/ha de Mo proporcionou a obtenção de plantas mais altas e com maior número de vagens, resultando em acréscimos de produtividade da ordem de 91%, em relação à testemunha.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Estudou-se, inicialmente, os efeitos de N, Mo e rizóbio e, em vista dos resultados obtidos, passou-se a investigar o efeito de diferentes doses de N e Mo. Também a calagem foi incluída no estudo, pois sabe-se que a elevação do pH do solo pode liberar o micronutriente. Finalmente, em razão dos resultados obtidos nos estudos anteriores, resolveu-se, com poucos tratamentos, verificar o efeito da adubação N + Mo em diferentes municípios da Zona da Mata de Minas Gerais.

3.1. Efeitos de N, Mo e rizóbio

Foram instalados dois experimentos, um em Leopoldina , em 15/07/94, e outro em Visconde do Rio Branco, em 09/08/94, municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. Os resultados da análise das características químicas desses solos encontram-se no Quadro 1. Os solos apresentaram estirpes nativas de *Rhizobium*.

Os tratamentos foram constituídos pelo arranjo fatorial 2 x 2 x 2 x 2, em que os fatores foram: rizóbio (sementes inoculadas e não-inoculadas), N no sulco de plantio (0 e 20 kg/ha, na forma de sulfato de amônio), N em cobertura

Quadro 1 - Resultados das análises química e textural das amostras de solo colhidas nos experimentos de Leopoldina e de Visconde do Rio Branco (*)

Característica Química	Leopoldina	Visconde do Rio Branco
pH em água (1:2,5)	5,4	5,6
P disponível ¹ (mg/dm ³)	5,7	6,0
K disponível ¹ (mg/dm ³)	26	27
Ca ²⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	2,3	2,0
Mg ²⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	0,7	0,8
Al ³⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	0,0	0,0
Textura	Média	Argilosa

¹Extrator de Mehlich-1.

(*) Análise realizada no Departamento de Solos da UFV.

(0 e 30 kg/ha, na forma de sulfato de amônio) e Mo pulverizado nas folhas (0 e 20 g/ha, na forma de molibdato de amônio).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. O N em cobertura e o Mo pulverizado nas folhas foram aplicados aos 22 dias após a emergência (DAE).

As pulverizações com Mo nas folhas foram realizadas de manhã, com a finalidade de evitar ventos fortes, que poderiam mudar a direção das gotículas de solução.

A unidade experimental foi constituída de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, com, aproximadamente, 15 sementes por

metro de sulco. Na colheita foram aproveitadas as duas fileiras centrais, eliminado 0,5 metro de cada extremidade, ficando com uma área útil de 4,0 m². O cultivar utilizado foi o Ouro Negro.

Todas as unidades experimentais receberam adubação, no sulco de plantio, de 90 kg/ha de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 60 kg/ha de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

Foi usada uma mistura de três estirpes, de rizóbio na proporção de 1 : 1 : 1 (BR 322, KIM 5 e BR 10008 (H₂O)), provenientes do Departamento de Microbiologia da Universidade Federal de Viçosa.

Para evitar contaminação, a inoculação das sementes com rizóbio foi processada da seguinte forma: foram pesadas as sementes necessárias para cada uma das 32 parcelas e colocadas num recipiente que continha inoculante + tufa. As sementes inoculadas foram semeadas por último.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, ou seja, foi feita uma aração seguida de duas gradagens.

Tanto em Leopoldina como em Visconde do Rio Branco, foram feitas capinas para controle de plantas daninhas, os tratamentos fitossanitários e a irrigação sempre que necessários.

Apenas em Leopoldina, no período da floração, coletaram-se folhas para determinação dos teores de nutrientes nas folhas. Para tanto, foram feitas coletas da terceira folha trifoliolada, a partir do topo, em 10 plantas tomadas ao acaso, na área útil de cada parcela. As folhas coletadas foram secas em estufa de ventilação forçada a 70 °C até atingirem peso constante, moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 malhas por polegada e homogeneizadas. Para a determinação de N, foi usada uma amostra de 100 mg, o que foi feito por digestão sulfúrica (LINDNER, 1944), seguida de avaliação colorimétrica, utilizando-se o reagente de Nessler (JACKSON, 1965). Para a determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn e Mn foram pesados 500 mg do material vegetal e submetidos a

digestão nítrico-perclórico, adicionando-se 3 mL de HNO₃ : 1 mL de HClO₄. O teor de K foi determinado por fotometria de chama. Os teores de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica, enquanto o P em espectrofotometria o foi pelo método de vitamina C (BRAGA e DEFELIPO, 1974) e o S, por turbidimetria do sulfato de bário, conforme MALAVOLTA et al. (1989).

Na colheita, foram aproveitadas as duas fileiras centrais. As plantas foram arrancadas e deixadas secar, para posterior batedura. As sementes foram pesadas quando o teor de umidade delas estava entre 12 a 14%.

3.2. Efeitos de doses de nitrogênio e de molibdênio

O estudo constou de dois experimentos, realizados em Coimbra, município da Zona da Mata de Minas Gerais. O experimento n^o 1 foi instalado em 09/04/95 e o experimento n^o 2, em 10/11/95. As características químicas dos solos dos dois locais encontram-se no Quadro 2. Os dois solos apresentaram estirpes nativas de *Rhizobium*.

Os tratamentos, no experimento n^o 1, obedeceram a um arranjo fatorial 4 x 4, enquanto, no experimento n^o 2, o fatorial conteve três tratamentos adicionais, isto é, (4 x 4) + 3. Os fatores foram: doses de N (0, 30, 60 e 90 kg/ha) e de Mo (0, 40, 80 e 120 g/ha). O N e o Mo foram aplicados na forma de sulfato de amônio e de molibdato de amônio, respectivamente. No experimento n^o 1, todas as doses de N foram parceladas em três doses iguais e aplicadas aos 15, 22 e 29 dias após a emergência (DAE). As doses de Mo foram aplicadas em uma única vez, em forma de pulverização nas folhas, aos 22 DAE. No experimento n^o 2, o adubo nitrogenado foi parcelado da seguinte forma: a dose de 30 kg/ha foi aplicada em uma única vez aos 22 DAE. A dose de 60 kg/ha foi parcelada em duas de 30, aplicadas aos 22 e 29 DAE. A dose de 90 kg/ha foi fracionada em três de 30 e

aplicadas aos 15, 22 e 29 DAE. O Mo foi aplicado em uma única vez aos 22 DAE. No experimento n^o 2 todos os tratamentos do fatorial receberam 20 kg/ha de N no sulco de plantio, o que não aconteceu no experimento n^o 1. Os três

Quadro 2 - Resultados das análises química e textural das amostras de solo colhidas nos experimentos n^{os} 1 e 2 (*)

Características Químicas	Experimento n ^o 1	Experimento n ^o 2
pH em água (1:2,5)	5,4	5,9
P disponível ¹ (mg/dm ³)	4,9	6,1
K disponível ¹ (mg/dm ³)	23	80
Ca ²⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	2,1	2,1
Mg ²⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	1,0	0,9
Al ³⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	0,0	0,0
Textura	Argilosa	Média

¹Extrator de Mehlich-1.

(*) Análise realizada no Departamento de Solos da UFV.

tratamentos adicionais do experimento n^o 2 não receberam N no sulco de plantio e compreenderam as seguintes combinações: 0-0, 0-80 e 60-80 de N(kg/ha) e Mo(g/ha).

Em ambos os experimentos, utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições.

As pulverizações de Mo foram realizadas de manhã, como no experimento anterior.

A unidade experimental foi constituída de seis linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, com, aproximadamente, 15 sementes por metro de sulco. Todas as unidades experimentais receberam adubação no sulco de plantio, constituída de 90 kg/ha de P₂O₅ e 60 kg/ha de K₂O, nas formas de

superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Na colheita, foram aproveitadas as duas fileiras centrais, eliminado 0,5 metro de cada extremidade, ficando com uma área útil de 4,0 m². No experimento nº 1, utilizou-se o cultivar Ouro Negro e, no experimento nº 2, o Meia Noite.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, ou seja, foi feita uma aração seguida de duas gradagens.

O controle de plantas daninhas, os tratamentos fitossanitários e a irrigação foram feitos quando necessários. A amostragem foliar e a determinação da composição nutricional seguiram metodologia do experimento anterior.

3.3. Efeitos da calagem sobre a adubação molíbdica

O estudo constou de dois experimentos, instalados em Coimbra, município da Zona da Mata de Minas Gerais. No experimento nº 1, aplicou-se calcário dolomítico em 06/04/97 e o plantio de feijão foi realizado em 05/05/95. No experimento nº 2, aplicou-se calcário calcítico em 20/10/95 e o plantio de feijão foi realizado em 29/11/95. A análise do solo inicial forneceu os resultados que se encontram no Quadro 3.

Os tratamentos, nos dois experimentos, obedeceram a um arranjo em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram sorteadas as doses de calcário: 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a necessidade de calagem (NC), seguindo-se a recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989). Nas subparcelas foram casualizadas as doses de Mo (0 e 50 g/ha, na forma de molibdato de sódio), aplicadas nas folhas, aos 22 dias após a emergência. A subparcela experimental foi composta de seis linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,5 metro entre si. Na colheita, foram aproveitadas as duas linhas centrais, eliminado 0,5 metro de cada extremidade,

ficando com uma área útil de 4,0 m². No experimento n^o 1, foi utilizado o cultivar Ouro Negro e, no experimento n^o 2, o Meia Noite.

Quadro 3 - Resultados das análises química e textural das amostras de solo colhidas nos experimentos n^{os} 1 e 2, antes da aplicação do calcário (*)

Características Químicas	Resultados
pH em água (1:2,5)	4,9
P disponível ¹ (mg/dm ³)	5,1
K disponível ¹ (mg/dm ³)	30
Ca ²⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	1,1
Mg ²⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	0,4
Al ³⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	0,6
Textura	Argilosa

¹Extrator de Mehlich-1.

(*) Análise realizada no Departamento de Solos da UFV.

No experimento n^o 1, todas as subparcelas receberam, no momento de plantio, 90 kg/ha de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 60 kg/ha de K₂O, na forma de cloreto de potássio. No experimento n^o 2, por sua vez, todas as subparcelas receberam 600 kg/ha da fórmula 4-14-8.

Em ambos os experimentos, utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, ou seja, foi feita uma aração seguida de duas gradagens. O controle de plantas daninhas, os tratamentos fitossanitários e a irrigação foram feitos quando necessários. A amostragem foliar, a determinação da composição nutricional e o procedimento da colheita seguiram metodologia dos experimentos anteriores.

3.4. Adubação nitrogenada e molíbdica em solos da Zona da Mata de Minas Gerais

O estudo constou de seis experimentos instalados em Visconde do Rio Branco, Coimbra, Leopoldina, Viçosa, Ponte Nova e Ervália, municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. A instalação dos experimentos foi realizada nas seguintes datas: Visconde do Rio Branco (11/04/96), Coimbra (17/04/96), Leopoldina (22/04/96), Viçosa (25/04/96), Ponte Nova (21/06/96) e Ervália (28/11/96). A análise das características químicas desses solos encontra-se no Quadro 4. Todos os solos apresentaram estirpes nativas de *Rhizobium*.

Em todos os locais, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: 0-0-0 (sem N no sulco de plantio, sem N em cobertura e sem Mo nas folhas), 0-40-70 (sem N no sulco de plantio, 40 kg/há de N em cobertura e 70 g/ha de Mo nas folhas), 20-0-70 (20 kg/ha de N no sulco de plantio, sem N em cobertura e 70 g/ha de Mo nas folhas) e 20-40-70 (20 kg/ha de N no sulco de plantio, 40 kg/ha de N em cobertura e 70 g/ha de Mo nas folhas). As fontes de N e de Mo foram, respectivamente, sulfato de amônio e molibdato de sódio. O N em cobertura e o Mo nas folhas foram aplicados aos 22 dias após a emergência.

A unidade experimental foi constituída de quatro fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m com 15 sementes por metro de sulco. Na colheita, foram aproveitadas as duas fileira centrais, eliminado 0,5 metro de cada extremidade, ficando com uma área útil de 4,0 m². Utilizou-se, em todos os experimentos, o cultivar Meia Noite.

Todas as unidades experimentais receberam adubação no sulco de plantio, constituída de 90 kg/ha de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, e 60 kg/ha de K_2O , na forma de cloreto de potássio.

O preparo do solo, nas áreas experimentais de Visconde do Rio Branco, Coimbra, Leopoldina e Viçosa, foi de forma convencional (uma aração e duas gradagens). Em Ponte Nova e Ervália, o solo foi preparado com tração animal, em áreas de pequenos produtores, e os sulcos foram abertos manualmente à enxada.

O controle de plantas daninhas, os tratamentos fitossanitários e a irrigação foram feitos quando necessários.

A amostragem foliar e a determinação do N foliar e o procedimento da colheita seguiram a metodologia dos experimentos anteriores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos de N, Mo e rizóbio

Tanto em Visconde do Rio Branco como em Leopoldina houve efeito significativo do N no sulco de plantio, N em cobertura e Mo, sobre a produção. Os efeitos da inoculação com rizóbio e das interações não foram significativos.

O N, aplicado tanto no sulco de plantio como em cobertura, e o Mo aumentaram significativamente a produtividade de grãos e o peso de sementes, nos experimentos conduzidos em Visconde do Rio Branco e Leopoldina. A inoculação com rizóbio não teve efeito significativo sobre esses fatores, em nenhum dos locais.

Em Visconde do Rio Branco, a aplicação de apenas N no sulco de plantio trouxe um incremento de 38% em relação aos tratamentos sem N no sulco de plantio, N em cobertura e Mo, enquanto, para o N em cobertura, esse aumento foi de 41% (Quadro 5). O efeito isolado do Mo foi mais pronunciado: aumento de 105%, em relação ao tratamento que não recebeu N no sulco de plantio e N em cobertura. Em Leopoldina, esses incrementos foram de, respectivamente, 92, 72 e 131% (Quadro 6).

A maior produtividade em Visconde do Rio Branco, 2.868 kg/ha, foi alcançada com 20 kg/ha de N no sulco de plantio, 30 kg/ha de N em cobertura e 20 g/ha de Mo. Em Leopoldina, a maior produtividade, 2.585 kg/ha, foi obtida com 20 kg/ha de N no sulco de plantio e 20 g/ha de Mo. Em relação à testemunha (tratamento 0-0-0-0), essas produções máximas resultaram em aumentos de 229% e 362%, em Visconde do Rio Branco e Leopoldina, respectivamente. Nos dois experimentos, a menor produtividade foi obtida no tratamento-testemunha.

A presença de inoculante não favoreceu o aumento da produtividade de grãos nos dois experimentos. Isto demonstra que a mistura de estirpes que constituiu o inoculante usado não foi eficiente na fixação de N ou, o que seria mais provável, o efeito dessas estirpes pode ter sido anulado pelas estirpes nativas do solo.

REIS et al. (1972) comprovaram que a falta de N no sulco de plantio prejudicou o desenvolvimento das plantas, o estande final e o tamanho das sementes e que as bactérias não fixaram N suficiente para suprir as necessidades do feijoeiro.

A adubação nitrogenada em cobertura tem sido indicada quando o feijoeiro exibe pequeno crescimento e folhagem verde-amarelada, sintomas típicos de carência de N (VIEIRA, 1978). O presente estudo mostrou que, quando se aplica N no sulco de plantio e, mais tarde, Mo nas folhas, o N em cobertura pode ser dispensado, como ocorreu em Leopoldina, onde os tratamentos 20-0-20 (de NP-NC-Mo) e 20-30-20 produziram praticamente o mesmo (cerca de 2.500 kg/ha). Entretanto, em Visconde do Rio Branco, apesar de as plantas não exibirem sintomas de carência de N, a adubação nitrogenada em cobertura trouxe um aumento adicional médio de cerca de 400 kg/ha nos tratamentos 20-30-20 em comparação aos tratamentos 20-0-20. Infelizmente, não se conseguiu explicar o porquê dessa diferença dos dois experimentos. De qualquer forma, os resultados

dos dois experimentos comprovam que, quando não se emprega N no sulco de plantio, a aplicação em cobertura pode substituí-lo, pelo menos parcialmente.

O Mo trouxe incrementos de produtividade superiores aos obtidos com o N no plantio ou em cobertura, mas a associação N + Mo foi a que possibilitou maiores rendimentos. Em Visconde do Rio Branco os tratamentos N + Mo produziram, em média, 2.448 kg/ha, enquanto os tratamentos com NP + NC renderam 1.821 kg/ha, uma diferença de 34%. Em Leopoldina, esses rendimentos foram de, respectivamente, 2.255 kg/ha e 2.385 kg/ha. O efeito favorável de N + Mo sobre a cultura do feijão já havia sido demonstrado por VIEIRA et al. (1992) e por AMANE et al. (1994).

Quanto ao peso médio das sementes (Quadros 5 e 6), em Visconde do Rio Branco houve efeito significativo apenas do Mo e do N em cobertura. A inoculação do rizóbio, N no plantio e as interações não foram significativas. Em Leopoldina, apenas a interação I x Mo foi significativa.

Em Visconde do Rio Branco, a aplicação de Mo aumentou o peso médio das sementes em 13 %, enquanto o efeito do N em cobertura foi mais modesto: aumentou esse peso em apenas 5 %. Isto novamente mostra o maior efeito do micronutriente, além do já mencionado aumento da produção.

Em Leopoldina, verificou-se que as sementes ficaram significativamente mais leves quando receberam Mo, mas não a inoculação com rizóbio. Com a inoculação, com ou sem Mo, e sem esses dois fatores as sementes ficaram pouco mais pesadas. Como o rizóbio não beneficiou o rendimento da cultura, pode-se concluir que outros fatores que não o peso das sementes foram mais importantes para o rendimento.

Em Leopoldina, o teor de N foliar aumentou significativamente apenas quando se aplicou N no sulco de plantio ou em cobertura. Ao analisar o Quadro 6, pode-se verificar que, sem estes tratamentos, o teor médio nas folhas foi de 2,86 dag/kg, enquanto com N no plantio + N em cobertura foi de 4,11

dag/kg, proporcionando um acréscimo de 44%. O Mo, embora não revelasse efeito significativo, mostrou tendência de aumentar o teor médio de N nas folhas. BERGER et al. (1996), estudando o efeito de doses de Mo sobre o teor de N nas folhas, verificaram efeito significativo deste micronutriente e acréscimo nos teores de N nas folhas de 21 e 44%, em Viçosa e Coimbra, respectivamente.

Quanto aos demais nutrientes (Quadro 6), verificou-se que a aplicação de N, no sulco de plantio, aumentou significativamente os teores de Mn, Zn e Cu. Os outros não foram afetados significativamente pela aplicação de N ou de Mo. Em relação à nutrição do feijoeiro, todos os nutrientes, exceto P e S, atingiram níveis adequados (MALAVOLTA et al., 1989). Os teores de S foram muito baixos e não se conseguiu encontrar explicação para este fato.

4.2. Efeitos de doses de nitrogênio e de molibdênio

No experimento nº 1, os teores de N, Mg, Mn e Zn nas folhas, aumentaram linearmente com as doses crescentes de N (Figura 1). As doses crescentes de Mo provocaram decréscimo nos teores foliares de S, Mn, Zn, Ca e Mg, nos dois últimos casos em forma quadrática, com um mínimo obtido com 69 e 76 g/ha de Mo, respectivamente (Figura 2). A produtividade de grãos e o peso médio de sementes não foram afetados significativamente pela aplicação de N e, ou, Mo (Quadro 7).

A falta de N no sulco de plantio e as fortes chuvas verificadas após o plantio podem ser algumas das causas da não-resposta quanto à produtividade de grãos e peso médio de 100 sementes verificada neste experimento. Nos resultados que constam no subcapítulo 4.1., verifica-se que a falta de N no sulco de plantio reduziu a produtividade do feijoeiro em 38 e 92% em Visconde do Rio Branco e Leopoldina, respectivamente. MARSCHNER (1995) observou que no decorrer do crescimento dos nódulos, que se verifica num período de três a cinco semanas,

a planta hospedeira fornece carboidratos, nutrientes minerais e aminoácidos ao rizóbio que, por sua vez, não fornece nenhum benefício à planta. Nesse período, as leguminosas contam com o fornecimento de adubo nitrogenado para garantir o crescimento das folhas, órgãos responsáveis pelo crescimento dos nódulos.

No experimento nº 2, o N e o Mo afetaram significativamente a produtividade de grãos, o peso médio de sementes e os teores de N e alguns nutrientes nas folhas (Quadro 8).

Para estudar o comportamento da produtividade de grãos, do peso médio de sementes e do teor de N nas folhas, em função do N e do Mo aplicados, foram feitos cortes nos modelos de superfícies de resposta ajustados (Figuras 3, 4 e 5).

A produtividade aumentou linearmente com o emprego de doses crescentes de N, mas a presença de Mo melhorou esse incremento. As doses crescentes de Mo provocaram resposta quadrática da produtividade, que também dependeu das doses crescentes de N.

A quantidade de Mo necessária para a obtenção da produtividade máxima variou de acordo com a dose de N aplicada. Aumentando as doses de N diminuiu a quantidade de Mo necessário para obtenção da produtividade máxima (quando não foi aplicado N, a produtividade máxima foi obtida com 102 g/ha de Mo; com 30 kg/ha de N, a dose de Mo necessária para produtividade máxima foi de 92 g/ha; com 60 kg/ha de N, precisou-se de 82 g/ha de Mo; e quando se usou a dose de 90 kg/ha a dose de Mo baixou para 72 g/ha). A maior produtividade verificada no presente estudo (2.160 kg/ha) foi obtida quando se aplicaram 90 kg/ha de N + 80 g/ha de Mo, mas a produtividade máxima esperada (2.206 kg/ha) foi obtida com 90 kg/ha de N + 72 g/ha de Mo (Figuras 3 e 6). Em estudo sobre doses de Mo, em aplicação foliar, em Viçosa e Coimbra, BERGER et al. (1996) obtiveram produtividade máxima quando aplicaram 80-90 g/ha. Nesse estudo, foram aplicados, no sulco de plantio, 600 kg/ha da fórmula 4-14-8. Em Lavras, RODRIGUES et al. (1996) obtiveram produtividade máxima com

75 g/ha. Infelizmente, não foi possível saber a quantidade de N usada no experimento. Aumentos de produtividade do feijoeiro, com a aplicação de N e Mo, em condições de campo, têm sido confirmados por vários pesquisadores (VIEIRA et al., 1992; AMANE et al., 1994; ANDRADE et al., 1996; LIMA et al., 1996).

A coloração das folhas das plantas, nas parcelas que receberam somente Mo, foi semelhante àquelas em que se usou sulfato de amônio como única fonte de N. Este comportamento pode ser explicado pela melhor eficiência de utilização de N, quando as plantas apresentam-se com adequados teores de Mo (MARSCHNER, 1995).

Pelos tratamentos adicionais, verifica-se que somente a aplicação de 20 kg/ha de N, no sulco de plantio, aumentou a produtividade em 97% (Quadro 8). Sem essa aplicação, apenas 80 g/ha de Mo aumentaram a produtividade em 107%. Entretanto, quando se aplicaram 20 kg/ha de N, no sulco de plantio, mais 80 g/ha de Mo, o aumento foi de 317%.

Esses resultados mostram que a combinação de N no sulco de plantio e, mais tarde, Mo nas folhas, é mais vantajosa que a aplicação isolada de cada elemento. O tratamento 20-60-80 (NP-NC-Mo) produziu 1.978 kg/ha, enquanto o tratamento 0-60-80 rendeu 1.643 kg/ha. A diferença de 335 kg/ha não foi estatisticamente significativa pelo teste de Dunnett (Quadro 8) embora represente um acréscimo de 20% na produtividade. De qualquer forma, estes resultados e os do subcapítulo 4.1. indicam que é conveniente a aplicação de N no sulco de plantio.

O peso médio das sementes aumentou linearmente com as doses de N, sendo esse incremento maior com as maiores doses de Mo. As doses crescentes do micronutriente provocaram uma resposta quadrática do peso das sementes, com um máximo de 19,4 g, obtido com 90 kg/ha de N + 100 g/ha de Mo (Figuras 4 e 7).

Ao analisar o Quadro 8, verifica-se que o tratamento adicional (0-0-0) (de NP-NC-Mo) apresentou peso médio de 100 sementes de 16,5 g, enquanto no tratamento adicional que recebeu Mo (0-0-80) esse peso foi de 18,5 g, um acréscimo de 12%. O tratamento adicional (0-0-0) só não mostrou diferença significativa com o tratamento que apenas recebeu N no sulco de plantio. Estes resultados mostram que a utilização de Mo aumenta o peso médio das sementes, confirmando resultados obtidos por ARAÚJO (1977) e BERGER (1995).

Nesse experimento nº 2 verificou-se correlação positiva entre o peso médio das sementes e a produtividade de grãos ($r = 0,68^{**}$), fato esse que não foi observado no experimento nº 1. O comportamento do peso médio das sementes, em relação às doses de N e de Mo aplicadas, foi semelhante ao verificado na produtividade de grãos.

O Quadro 8 mostra que, sem o Mo e sem o N, o teor médio de N nas folhas foi de 2,34 dag/kg, enquanto, com apenas o Mo, foi de 3,76 dag/kg, proporcionando um acréscimo de 61%. Com a aplicação de apenas 20 kg/ha no sulco de plantio o aumento foi de 10%.

Quando se empregou a dose de 80 g/ha de Mo ou acima desta, verificou-se diminuição nos teores de N nas folhas, com o aumento das doses de N. Por outro lado, aumentando-se as doses de N diminuiu a dose de Mo necessária para obtenção do teor máximo de N nas folhas (quando não foi aplicado N, o teor máximo de N nas folhas foi obtido com 119 g/ha de Mo; com 30 kg/ha de N, a dose de Mo necessária foi de 100 g/ha; com 60 kg/ha de N, precisou-se de 81 g/ha de Mo; e com 90 kg/ha de N, a dose baixou para 65 g/ha de Mo). O teor máximo de N nas folhas (4,51 dag/kg) foi obtido com 20 kg/ha de N no plantio + 80 g/ha de Mo. O teor máximo estimado de N nas folhas (4,60 dag/kg) foi obtido com 20 kg/ha de N no plantio + 119 g/ha de Mo (Figura 5 e 8).

Altos teores de N nas folhas corresponderam a altos valores do peso médio das sementes ($r = 0,78^{**}$) e da produtividade de grãos ($r = 0,84^{**}$).

Os menores teores de N orgânico nas folhas, verificados nos tratamentos que receberam doses crescentes de N, na ausência de Mo, em relação aos que receberam este micronutriente, podem ser devidos a um possível acúmulo de nitrato na planta, resultado da nitrificação do amônio e síntese insuficiente da redutase do nitrato, por falta do micronutriente. Tem sido observado que, mesmo usando-se o sulfato de amônio como fonte de nitrogênio, dependendo das condições do solo propiciadas pelo pH alto e boa aeração causada pelo preparo do solo, a maior parte do amônio aplicado pode ser convertido a nitrato.

Quanto aos outros nutrientes, a aplicação de N provocou acréscimo nos teores foliares de Cu, Zn e Mn e decréscimo dos teores de K e S, sendo o último em forma quadrática, com um mínimo obtido com 64 kg/ha (Figura 9). A aplicação de Mo, provocou decréscimo dos teores de S e Cu, no primeiro caso, em forma quadrática, com um mínimo obtido com 92 g/ha (Figura 10). Em relação à nutrição do feijoeiro, verificou-se que os teores foliares de P, Ca, Mg, Mn e Zn, no experimento nº 1, e os de N, P, K, Mn, Zn e Cu, no experimento nº 2, estiveram em níveis adequados. Os outros apresentaram teores considerados baixos para o bom crescimento do feijoeiro (MALAVOLTA et al., 1989).

4.3. Efeitos da calagem sobre a adubação molíbdica

Características químicas dos solos das áreas dos dois experimentos foram determinadas após a colheita. No experimento nº1, as doses crescentes de calcário dolomítico propiciaram aumento linear do pH do solo de 4,8 (controle) a 5,9, no tratamento que recebeu 4.248 kg/ha. No experimento nº 2, que recebeu doses crescentes de calcário calcítico, houve também aumento linear do pH do solo e os valores variam de 5,0 (controle) a 5,8, no tratamento que recebeu 5.000 kg/ha (Quadro 9).

No experimento nº 1, a produtividade de grãos, o peso médio de 100 sementes, os teores foliares de N e demais nutrientes analisados não diferiram significativamente. Não foi possível o ajuste de equações de regressão para as doses de calcário aplicadas no solo, para nenhuma das características, pois os coeficientes estimadores dos parâmetros dos modelos testados não foram significativos no limite estabelecido de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos encontram-se nos Quadros 10 e 11. No experimento nº 2, o Mo diminuiu significativamente o teor de Zn na parte aérea e o peso médio de sementes, mas esses efeitos não influenciaram significativamente a produtividade de grãos.

Quanto à resposta ao Mo, os resultados obtidos nos dois experimentos causaram surpresa, pois sabia-se de antemão que os solos eram pobres em Mo, conforme demonstraram experimentos anteriores na mesma área experimental (BERGER et al., 1996) e, portanto, a elevação do pH do solo não poderia liberar o micronutriente para os feijoeiros; mas esperava-se que a aplicação do adubo molíbdico tivesse efeito. Não foi possível, pelo menos com base nestes dados, estabelecer alguma relação entre calagem e adubação molíbdica na produtividade de grãos e peso médio das sementes. FRANCO e DAY (1980), estudando os efeitos da calagem e de fontes de Mo sobre a nodulação e fixação de N em solos ácidos, verificaram que com pH 5,1, a calagem aumentou o crescimento das plantas, a nodulação, a fixação de N e a eficiência dos nódulos. Sem calagem, houve pouca fixação de N, pouco crescimento das plantas e falta de resposta à aplicação do Mo. Entre pH 5,3 e 6,0, o Mo aumentou o crescimento das plantas e a fixação de N. Com pH superior a 6,0, as plantas cresceram bem, porém não houve resposta ao Mo.

Os valores de pH registrados estão dentro de um intervalo considerado satisfatório para o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro. A falta de resposta verificada nos dois experimentos pode estar relacionada com deficiência

de algum elemento mineral no solo. No experimento nº 1, a falta de aplicação de N no sulco de plantio pareceu ser a principal causa. Entretanto, a não-resposta, também verificada no experimento nº 2, mesmo com a aplicação no plantio de 600 kg/ha da fórmula 4-14-8, indicou tratar-se de possível deficiência de algum outro nutriente mineral. Segundo a lei do mínimo, a insuficiência de um elemento nutritivo no solo, reduz a eficácia dos outros elementos e, por conseguinte, diminui o rendimento das colheitas.

Em relação à nutrição do feijoeiro, os teores apresentados nas folhas pelos diferentes elementos mostram níveis adequados de P, Ca, Mg, Mn e Zn no experimento nº 1. No experimento nº 2, apresentam níveis adequados o N, o P, o K, o S, o Mn, o Zn e o Cu. Os demais nutrientes apresentaram teores baixos, conforme MALAVOLTA et al. (1989).

4.4 Adubação nitrogenada e molíbdica em solos da Zona da Mata de Minas Gerais

Em todos os locais foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos, quanto à produtividade de grãos (Quadro 12).

Nos seis solos, verificou-se que as parcelas que receberam os tratamentos 20-40-70 e 20-0-70 apresentaram as maiores produtividades de grãos e não diferiram significativamente (Quadro 12). No campo, pôde-se observar, ainda, que as parcelas que receberam esses tratamentos apresentaram, desde o início, plantas com desenvolvimento vigoroso e com tonalidade das folhas verde-escura, principalmente as do tratamento 20-40-70. As plantas que receberam o tratamento 0-40-70 apresentaram-se, inicialmente, pequenas e verde-amarelas, recuperando-se com a aplicação de N em cobertura e de Mo, embora não tivessem atingido o mesmo grau de crescimento das plantas que receberam os tratamentos 20-40-70 e 20-0-70. As plantas das parcelas que receberam o

tratamento 0-0-0 registraram as mais baixas produtividades, revelando fraco crescimento e coloração das folhas verde-amarelada.

Em média, as mais baixas produtividades foram registradas em Ponte Nova (831 kg/ha) e Ervália (978 kg/ha), justamente em áreas de pequenos agricultores, onde o manejo do solo é feito com o uso de tração animal e não são feitas adubações PK aquém do recomendado pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989) (Quadro 12). A adubação residual e o bom manejo dos solos e irrigação nos campos experimentais da Universidade Federal de Viçosa (Visconde do Rio Branco, Coimbra e Viçosa) e da EPAMIG (Leopoldina) devem ser as principais causas das altas produtividades obtidas nesses locais, em relação a Ponte Nova e Ervália.

A menor produtividade de grãos verificada no tratamento 0-40-70 em relação ao tratamento 20-0-70, embora nem sempre significativa, mostra a importância do N aplicado no sulco de plantio. Em média, o tratamento 20-0-70 produziu 1.774 kg/ha enquanto o tratamento 0-40-70 rendeu 1.550 kg/ha, uma diferença de 14%. Em relação ao tratamento 0-0-0, o tratamento 20-0-70 produziu 164% a mais e o tratamento 0-40-70, 131%. Fatos semelhantes foram também observados experimentos anteriores (subcapítulos 4.1 e 4.2).

Por estes resultados, fica evidente que, aplicando N no sulco de plantio e, mais tarde, Mo nas folhas, não há necessidade de N em cobertura, embora os dados sempre mostrem pequena vantagem do tratamento 20-40-70 em relação ao 20-0-70.

Em todos os locais, as plantas que receberam o tratamento 0-0-0 apresentaram os teores mais baixos de N foliar, enquanto as que receberam o tratamento 20-40-70 registraram os maiores valores, embora nem sempre diferindo significativamente dos dois outros tratamentos com Mo (Quadro 13).

O teor mais baixo de N nas folhas (1,78 dag/kg) ocorreu em Coimbra, no tratamento 0-0-0, e o mais elevado (3,46 dag/kg), em Viçosa, no tratamento 20-40-70.

Em Coimbra, Visconde do Rio Branco e Leopoldina, embora as produtividades tenham sido altas, os teores de N foram tão baixos como em Ponte Nova e Ervália, locais em que as produções foram baixas. Provavelmente, tal fato se deva ao efeito de diluição do nutriente nos tecidos das plantas, pois estas exibiram grande crescimento naqueles três locais.

Houve correlação positiva entre os teores de N nas folhas e o rendimento em Viçosa ($r = 0,99^{**}$), Ponte Nova ($r = 0,97$) e Ervália ($r = 0,98^{**}$). Nos demais locais e quando se consideram todos os locais, as correlações não foram significativas.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivando avaliar os efeitos, sobre a cultura do feijão, do N, Mo e rizóbio, combinados ou não, bem como da calagem sobre a adubação molíbdica e, ainda, avaliar o efeito da adubação N + Mo em seis municípios da Zona da Mata de Minas Gerais, foi realizado este estudo envolvendo 12 experimentos conduzidos no período de 17/04/1994 a 28/11/96.

No experimento de N, Mo e rizóbio foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, num arranjo fatorial 2 x 2 x 2 x 2 com quatro repetições, conduzido em Leopoldina e Visconde do Rio Branco. Os fatores foram: rizóbio (sementes inoculadas e não-inoculadas), N no sulco de plantio (0 e 20 kg/ha), N em cobertura (0 e 30 kg/ha) e Mo (0 e 20 g/ha), na forma de sulfato de amônio e molibdato de amônio, respectivamente. Utilizou-se o cv. Ouro Negro. O N em cobertura e o Mo foram aplicados aos 22 dias após a emergência (DAE). Todos os tratamentos receberam uma adubação básica de 90 kg/ha de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 60 kg/ha de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

Os experimentos de doses de N e de Mo foram conduzidos em Coimbra, utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso num arranjo fatorial 4 x 4, no experimento n^o1, e (4 x 4) + 3, no experimento n^o2, sempre com quatro repetições. Os fatores foram: N (0, 30, 60 e 90 kg/ha) e Mo (0, 40, 80 e 120 g/ha). No experimento n^o1, o N foi dividido em quantidades iguais e foi aplicado

aos 15, 22 e 29 DAE, e o Mo foi aplicado em uma única vez, aos 22 DAE. No experimento nº 2, o adubo nitrogenado foi parcelado da seguinte forma: a dose de 30 kg/ha foi aplicada em uma única vez aos 22 DAE; a dose de 60 kg/ha foi parcelada em duas de 30, aplicadas aos 22 e 29 DAE; a dose de 90 kg/ha foi fracionada em três de 30, aplicadas aos 15, 22 e 29 DAE. O Mo foi aplicado em uma única vez, aos 22 DAE. No experimento nº 2, todos os tratamentos do fatorial receberam 20 kg/ha de N, no sulco de plantio, não acontecendo o mesmo no experimento nº 1. Os três tratamentos adicionais do experimento nº 2 não receberam N no sulco de plantio e compreenderam as seguintes combinações: 0-0, 0-80 e 60-80 de N(kg/ha) e Mo(g/ha). Como fonte de N, utilizou-se sulfato de amônio, e de Mo, o molibdato de amônio. Os dois experimentos receberam uma adubação básica de 90 kg/ha de P_2O_5 e 60 kg/ha de K_2O .

No experimento de calagem e adubação molíbdica, conduzido em Coimbra, foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas foram sorteadas as doses de calcário: 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a necessidade de calagem (NC). No experimento nº 1, todas as parcelas receberam, no momento de plantio, 90 kg/ha de P_2O_5 e 60 kg/ha de K_2O . No experimento nº 2, todas as parcelas receberam 600 kg/ha da fórmula 4-14-8. Na subparcela foi colocado, ou não, Mo em pulverização foliar (50 g/ha), na forma de molibdato de sódio.

No experimento da adubação N + Mo, em seis municípios da referida região, foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: 0-0-0 - sem N no sulco de plantio, sem N em cobertura e sem Mo; 0-40-70 - sem N no sulco de plantio, 40 kg/ha de N em cobertura e 70 g/ha de Mo; 20-0-70 - 20 kg/ha de N no sulco de plantio, nada de N em cobertura e 70 g/ha de Mo; 20-40-70 - 20 kg/ha de N no sulco de plantio, 40 kg/ha de N em cobertura e 70 g/ha de Mo. As fontes de N e de Mo foram, respectivamente, sulfato de amônio e molibdato de sódio. O N em cobertura e o Mo foram aplicados aos 22 DAE.

O experimento de N, Mo e rizóbio permitiu as seguintes conclusões: a) quando se aplica N no sulco de plantio e, mais tarde, Mo nas folhas, o N em cobertura pode ser dispensado; b) quando não se emprega N no sulco de plantio, a aplicação em cobertura de N pode substituí-lo, pelo menos parcialmente, se também for aplicado o Mo.

O experimento de doses de N e de Mo possibilitou as seguintes conclusões: a) no experimento nº 1, o uso de doses crescentes de N promoveu aumento nos teores de N, Mg, Mn e Zn e, no experimento nº 2, aumento nos teores de Cu, Zn e Mn, nas folhas. O uso de doses crescentes de Mo proporcionou, no experimento nº 1, decréscimo nos teores de S, Mn, Zn, Ca e Mg, nos dois últimos casos em forma quadrática, com um mínimo obtido com 69 e 76 g/ha de Mo, respectivamente. No experimento nº 2, o aumento das doses de Mo trouxe incremento, em forma quadrática, da produtividade de grão, peso médio de sementes e teor de N, com valores máximos obtidos com as doses de 72, 100 e 119 g/ha, respectivamente; em relação aos teores de S e Cu a máxima diminuição ocorreu com 92 e 120 g/ha de Mo; b) aumentando-se a dose de N diminuiu a dose de Mo necessária para obtenção de produtividade máxima de grãos e teor máximo de N nas folhas; c) a produtividade máxima de grãos foi obtida quando se aplicaram 90 kg/ha de N + 72 g/ha de Mo; d) a falta de N no sulco de plantio foi muito prejudicial à produtividade da cultura; e e) o efeito combinado de N no sulco de plantio + Mo nas folhas é mais vantajoso do que a aplicação isolada de cada elemento.

No experimento sobre o efeito da calagem na adubação molíbdica, não se obtiveram informações que possibilitassem uma contribuição para o assunto. Possivelmente, outros fatores - como falta de N no sulco de plantio - afetaram os resultados.

Os experimentos em seis municípios da Zona da Mata mostraram que: a) a aplicação de N no sulco de plantio + Mo permitiu maior rendimento que a aplicação de N em cobertura + Mo; b) aplicando-se N no sulco de plantio + Mo nas folhas não houve necessidade da adubação nitrogenada em cobertura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.A.F., LOPES, N.F., OLIVA, M.A., BARROS, R.S. Desenvolvimento e partição de assimilados em *Phaseolus vulgaris* submetido a três doses de nitrogênio e três níveis de luz. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.23, n.8, p.837-847, 1988.
- AMANE, M.I.V., VIEIRA, C., CARDOSO, A.A.et al.. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L) às adubações nitrogenada e molíbdica. **R. Ceres**, v.41, n.234, p.202-216, 1994.
- ANDRADE, J.B. de, ALVARENGA, P.E. de, SILVA, R. da, CARVALHO, J.G. LUNKES, J.A.. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, Goiânia, 1996. **Anais...** Goiânia: Embrapa-CNPAF-APA, 1996. v.1 p.79-81
- ARAÚJO, G.A. de A. **Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Viçosa: UFV, 1977. 30p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1977.
- BARROW, N.J. Comparison of the adsorption of molybdate, sulfate and phosphate by soils. **Soil Sci.**, v.109, n.5, p.282-288, 1970.
- BEHR, U., WIEBE, H.J. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. **Scientia Hort.**,v.49, p.175-179, 1992.

- BERGER, P.G. **Adubação molíbdica na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): doses, épocas e modos de aplicação.** Viçosa: UFV, 1995. 75p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- BERGER, P.G., VIEIRA, C., ARAÚJO, G.A. de A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.31, n.7, p.473-480, 1996.
- BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro 'Rico 23' a aplicação de enxofre, boro e molibdênio. **R. Ceres**, v.19, n.103, p.222-226, 1972.
- BRAGA, J.M., DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **R. Ceres**, v.21, n.113, p.73-85, 1974.
- CABALLERO, S.U., LIBARDI, D.L., REICHARDT, K., MATSUI, E., VITÓRIA, R.L. Utilização do fertilizante nitrogenado aplicado a uma cultura de feijão. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.20, n.9, p.1031-1040, 1985.
- CATANI, R.A., ALCARDE, J.C., FULRANI, P.R. A adsorção de molibdênio pelo solo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.27, p.223-237, 1970.
- CARDOSO, A.A., FONTES, L.A.N., VIEIRA, C. Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **R. Ceres**, v.25, n.139, p.292-295, 1978.
- CHAPIN, F.S. The mineral nutrition of wild plants. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v. 11, p.233-260, 1980.
- CLARKSON, D.T., HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, v.31, p.239-298, 1980.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** 4ª aproximação. Lavras, 1989. 159p.
- DÖBEREINER, J., RUSCHEL, A.P. **Fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). I- Influência do solo e da variedade.** Rio de Janeiro: Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola, 1961. 16p. (Comunicado Técnico 10).
- EDJE, O.T., MUGHOGHO, L.K., AYONOADU, U.W.U. Responses of dry beans to varying nitrogen levels. **Agron. J.**, v.67, n.2, p.251-255, 1975.

- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas. Princípios e perspectivas.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
- EVANS, J.R. Nitrogen and photosynthesis in flag leaf of weat (*Triticum aestivum* L.), **Plant Physiol.** v.72, n.1, p.297-302, 1983.
- FAGERIA, N.K. Response of rice cultivars to liming in cerrado soil. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.19, n.7, p.883-889, 1984.
- FERRAZ, S.M.G. **Eficiência da fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L) quando consorciado com milho (*Zea mays* L.).** Piracicaba: ESALQ, 1982. 55p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1982.
- FRANCO, A.A., DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. **Turrialba**, v.30, n.1, p.99-105, 1980.
- FRANCO, A.A., PEREIRA, J.C., NEYRA, A. Seasonal patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiol.**, v.63, n.3, p.421-424, 1979.
- GALLO, J.R., MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. **Bragantia**, v.20, n.40, p.867-884, 1961.
- GEORGE, T., SINGLETON, P.W. Nitrogen assimilation traits and dinitrogen fixation in soybean and common bean. **Agron. J.**, v.84, n.6, p.1020-1028, 1992.
- GRANADOS, A.R., ORTEGA, D.M., ZARATE, L.G. Influencia del peso seco y contenido de nitrogeno de los organos de la planta en el rendimiento y contenido de proteina del grano de frijol *Phaseolus vulgaris* L. **R. Chapingo**, v.11/12, n.54/55, p.47-52, 1986/1987.
- GUPTA, V.C., LIPSETT. Molybdenum in soils, plants and animals. **Adv. Agron.** v.34, n.1 p.73-115, 1981.
- GUSS, A., DÖBEREINER, J. Efeito da adubação nitrogenada e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO LATINOAMERICANA DE RHIZOBIUM, 5., Rio de Janeiro: 1970. **Anais...** Rio de Janeiro, IPEAS/MA, 1970. p.193-199.

- IGUE, T. **Interações com grupos de experimentos de adubação do feijoeiro com N, P e K, seguindo o esquema fatorial 3 x 3 x 3.** Piracicaba: ESALQ, 1968. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1968.
- JACKSON, C.M. **Soil chemical analysis.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1965. p.195-196.
- KOCHIAN, L.V. mechanisms of micronutrients uptake and translocation in plants. In: MORTVEDT, J.J., COX, F.R., SHUMAN, L.M., et al. (eds). **Micronutrients in agriculture.** Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.229-292.
- LIMA, S.F. de, ANDRADE, M.J.B. de, CARVALHO, J.G. de. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de boro, molibdênio e zinco aplicados via foliar. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, Goiânia, 1996. **Anais...** Goiânia: Embrapa-CNPAF-APA, 1996. V.1 p.82-84.
- LIMA, M.H. **Eficiência da fixação simbiótica do nitrogênio x evolução de H₂ x respiração dos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** Piracicaba: ESALQ, 1981. 190p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1981.
- LINDNER, R.C. Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. **Plant Physiol.**, v.19, p.76-89, 1944.
- LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils.** New York: John Wiley & Sons, 1979. 449p.
- MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1. Campinas, 1971. **Anais...** Viçosa: UFV., 1972. p.211-242.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980. 672p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant.** 2.ed. New York: Academic, 1995. 889p.
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Bern: International

- Potash Institute, 1987. 687p.
- NATR, L. Mineral nutrients - a ubiquitous stress factor for photosynthesis. **Photosynthetica**, v.27, n.3, p.271-294, 1992.
- OLIVEIRA, I.P., THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O, ROCHA, M., YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do feijoeiro: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1988. p.175-212.
- PEREIRA, P.AA. Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. **Informe Agropecuário**, v.8, n.90, p.41-46, 1982.
- PERES, J.R.R., SUHET, A.R. Adubação nitrogenada no Planalto Central. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 1984. Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 1985. p.220-224.
- PIHA, M.I., MUNNS, D.N. Nitrogen fixation capacity of field-grown bean compared to other grain legumes. **Agron. J.**, v.79, n.4, p.690-696, 1987.
- PRICE, C. A., CLARK, H.E., FUNKHOUSER, E.A. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L. (eds). **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1983. p.2231-2242.
- RADING, J.B., BOYER, J.S. Control of leaf expansion by nitrogen nutrition in sunflower plants: Role of hydraulic conductivity and turgor. **Plant Physiol.**, v.69, n.4, p.771-775, 1982.
- RADING, J.W., EIDENBOCK, M.P. Carbon accumulation during photosynthesis in leaves of nitrogen-and phosphorus-stressed cotton. **Plant Physiol.**, v.82, n.1/6, p.869-871, 1986.
- RAJASEKHAR, V.K., OELMULLER R. Regulation of induction of nitrate reductase and nitrite reductase in higher plants. **Physiol. Plantarum**, v.71, n.1, p.517-521, 1987.
- REDINBAUGH, M.G., CAMPBELL, W.H. Higher plant response to environmental nitrate. **Physiol. Plantarum**, v.82, n.4, p.640-650, 1991.
- REIS, M.S., VIEIRA, C., BRAGA, J.M. Efeitos de fontes, de doses e épocas da aplicação de adubos nitrogenados sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **R. Ceres**, v.19, n.101, p.25-42, 1972.

- RODRIGUES, J.R.M., ANDRADE, M.J.B., CARVALHO, J.G. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicadas via foliar. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, Goiânia, 1996. **Anais...** Goiânia: Embrapa-CNPAF-APA, 1996. v.1 p.76-78.
- RÖMHELD, V., MARSCHNER, H. Function of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J., COX, F.R., SHUMAN, L.M.WELCH, R.M. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.297-328
- RUSCHEL, A.P., RUSCHEL, R. Avaliação da fixação simbiótica de nitrogênio em feijão. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.10, n.11, p.11-17, 1975.
- RUSCHEL, A.P., SAITO, S.M.T. Efeito de inoculação de *Rhizobium*, nitrogênio e matéria orgânica na fixação simbiótica de nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **R. Bras. Ci. Solo**, v.1, n.1, p.21-24, 1977.
- RUSCHEL, A.P., SAITO, S.M.T., TULMANN NETO, A. Eficiência da inoculação de *Rhizobium* em *Phaseolus vulgaris* L. I. Efeito de fontes de nitrogênio e cultivares. **R. Bras. Ci. Solo**, v.3, n.1, p.13-17, 1979.
- RUSCHEL, A.P., SOUSA BRITO, D.P.P., DOBEREINER, J. Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Influência da calagem. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.1, p.141-145, 1966.
- SACO, D., ALVAREZ, M., MARTIN, S. Activity of nitrate reductase and the content of proteins in *Nicotiana rustica* grown with various levels of molybdenum. **J. Plant Nutrition**, v.18, n.6, p.1157, 1995.
- SAIRAM, R.K., TILL, A.R., BLAIR, G.J. Effect of sulfur and molybdenum levels on growth, nitrate-assimilation, and nutrient content of *Phalaris*. **J. Plant Nutrition**, v.18, n.10, p.2093-2103, 1995.
- SAITO, S.M.T., CARDOSO, E.J.B.N. Seleção de estirpes de *Rhizobium phaseoli* para feijoeiro cultivar carioca. **O Solo**, v.1, n.1, p.4-47, 1977.
- SAITO, S.M/T., RUSCHEL, A.P. Influência da calagem, adubação fosfatada e micronutrientes na nodulação natural do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da ESALQ**, v.35, n.1, p.545-556, 1978.
- SAITO, S.M.T., RUSCHEL, A.P. Capacidade competitiva e de sobrevivência no solo de uma estirpe de *Rhizobium phaseoli*, usada como inoculante. **Ci. e Cultura**, v.32, n.7, p.888-892, 1980.

- SCHARPF, H.C. **Nutrient influences on the nitrate content of vegetables.** [S.l.], The Fertilizer Society, 1991. 24p. (Proceedings, 313).
- SILVA, A.J., RAMALHO, M.A.P., GUEDES, G.A.A., VALE, F.R. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada. I - Produção de grãos e seus componentes. **Ci. Prát.** v.13, n.3, p.348-355, 1989.
- SINCLAIR, T.R., HORIE, T. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A review. **Crop Sci.**, v.29, n.1, p.90-98, 1989.
- SIQUEIRA, C., VELLOSO, A.C. Adsorção de molibdato em solos sob vegetação de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v.2, n.1, p.24-28, 1978.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant Physiology:** Redwood City: The Benjamin / Cummings, 1991. 559p.
- TESAROVA, J., NATR, L. Effect of nitrogen deficiency on growth and chloroplast number in spring barley. **Photosynthetica**, v.20, n.4, p.371-376, 1986.
- VIDOR, C., PERES, J.R.R. Nutrição de plantas com molibdênio e cobalto. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.179-203.
- VIEIRA, C. **A cultura do feijão.** Viçosa: UFV, 1978. 146p.
- VIEIRA, C. Micronutrientes na cultura do feijão. **Informe Agropecuário**, v.17, n.178, p.12-19, 1994.
- VIEIRA, C., NOGUEIRA, A.O., ARAÚJO, G.A. A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Rev. Agric.**, v.67, n.2, p.117-124, 1992.
- WARNER, R.L., KLEINHOF, A. Genetic and molecular biology of nitrate metabolism in higher plants. **Physiol. Plantarum**, v.85, n.2, p.245-252, 1992.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Adv. Agron.**, v.4, p.101-124, 1952.

APÊNDICE

APÊNDICE

Quadro 1A - Análise de variância dos dados de produtividade (Prod.) e do peso de 100 sementes (P100S), no experimento de Visconde do Rio Branco

FV	GL	Quadrados Médios	
		Prod.	P100S
Blocos	3	969369,80*	0,5417
Mo	1	16054048,00**	169,0000**
NC	1	4162620,00**	20,2500**
NP	1	2400175,60**	0,0625
I	1	126,56	0,0625
Mo × NC	1	9850,56	1,0000
Mo × NP	1	91657,56	1,5625
Mo × I	1	118164,08	0,0625
NC × NP	1	175,56	0,5625
NC × I	1	138942,56	1,5625
NP × I	1	47633,08	2,2500
Mo × NC × NP	1	286492,52	1,5625
Mo × NC × I	1	207708,08	0,0625
Mo × NP × I	1	122675,08	1,0000
NC × NP × I	1	653268,00	1,0000
Mo × NC × NP × I	1	1206153,20*	4,0000*
Resíduo	45	183796,40	0,8972
C.V. (%)		24,1	3,6

Quadro 2A - Análise de variância dos dados de produtividade (Prod.), peso de 100 sementes (P100S), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), no experimento de Leopoldina

FV	GL	Prod.	P100S	Quadrados Médios				
				N	P	K	Ca	Mg
Blocos	3	72955,73	5,5573	0,2283	0,0039	0,0371	0,0253	0,0074
I	1	7876,56	0,0156	0,0264	0,0002	0,0657	0,0324	0,0054
NP	1	16030016,00	4,5156	2,9799	0,0019	0,0017	0,0915	0,0366
NC	1	4015016,00	5,6406	5,7061	0,0001	0,0054	0,0095	0,0276
Mo	1	9294876,00	4,5156	0,2413	0,0021	0,0108	0,0306	0,0019
I x NP	1	3451,56	0,0156	0,0007	0,0047	0,1881	0,0056	0,0103
I x NC	1	2376,56	0,1406	0,0129	0,0001	0,1860	0,0729	0,0058
I x Mo	1	39,06	9,7656**	0,0285	0,0005	0,1378	0,0016	0,0019
NP x NC	1	215064,08	0,3906	0,0074	0,0001	0,0582	0,0564	0,0079
NP x Mo	1	22126,56	0,3906	0,2128	0,0003	0,0606	0,0324	0,0038
NC x Mo	1	1935576,40	0,3906	0,1712	0,0017	0,0153	0,0036	0,0021
I x NP x NC	1	1501,56	1,2656	0,0015	0,0004	0,1341	0,0380	0,0159
I x NP x Mo	1	564,06	0,0156	0,0535	0,0003	0,0015	0,0127	0,0013
I x NC x Mo	1	39,06	1,2656	0,0969	0,0038	0,1032	0,0150	0,0066
NP x NC x Mo	1	1667626,80	0,1406	0,0221	0,0007	0,0079	0,0001	0,0001
I x NP x NC x Mo	1	3164,06	0,1406	0,0789	0,0015	0,0006	0,0116	0,0058
Resíduo	1	15231,29	1,0128	0,0981	0,0017	0,0506	0,0211	0,0049

Continua...

Quadro 2A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios			
		S	Mn	Zn	Cu
Blocos	3	0,0005	4806,9320	6,4323	1,0990
I	1	0,0001	1396,8908	15,0156	0,1406
NP	1	0,00010	124520,7600**	594,1408**	23,7656**
NC	1	0,00084	3094,1408	78,7656	1,8906
Mo	1	0,0008	5383,8920	19,1406	0,0156
I x NP	1	0,0029	9975,0160	0,0156	2,6406
I x NC	1	0,0004	37,5156	1,8906	0,3906
I x Mo	1	0,0003	6581,2640	3,5156	0,7656
NP x NC	1	0,0001	1991,3908	4,5156	1,8906
NP x Mo	1	0,0010	1378,2656	28,8906	0,3906
NC x Mo	1	0,0001	5383,8920	11,3906	0,0156
I x NP x NC	1	0,0006	178,8906	5,6406	0,3906
I x NP x Mo	1	0,0032	17128,2640	62,0156	0,3906
I x NC x Mo	1	0,0001	2127,5156	26,2656	5,6406
NP x NC x Mo	1	0,0005	2127,5156	2,6406	1,8906
I x NP x NC x Mo	1	0,0002	968,7656	4,5156	0,7656
Resíduo	45	0,0008	7125,8360	21,0100	1,8767

Quadro 3A - Análise de variância dos dados de produtividade (Prod.), peso de 100 sementes (P100S), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), no experimento nº 1 de doses de N e de Mo, em Coimbra

FV	GL	Quadrados Médios						
		Prod.	P100S	N	P	K	Ca	Mg
Blocos	3	549882,30	0,5029	0,5920	0,0319	0,6454	0,0471	0,0026
Nitrogênio	3	32305,73	1,2604	0,2949*	0,0013	0,0669	0,0035	0,0122*
Linear	1	71940,02	1,3013	0,8151**	0,0027	0,1593	0,0060	0,0342**
Quadrática	1	23947,56	1,2100	0,0021	0,0001	0,0028	0,0024	0,0001
Desvio	1	1029,61	0,7411	0,0676	0,0014	0,0387	0,0022	0,0022
Molibdênio	3	8277,06	0,3479	0,0139	0,0010	0,0356	0,1203*	0,0145*
Linear	1	17731,01	0,5120	0,0276	0,0022	0,0638	0,1571*	0,0179**
Quadrática	1	3937,56	0,1806	0,0026	0,0001	0,0138	0,1048*	0,0193**
Desvio	1	3162,62	0,3511	0,0114	0,0006	0,0293	0,0991	0,0064
N × Mo	9	73433,58	1,2289	0,0313	0,0014	0,0755	0,0300	0,0037
Resíduo	45	57503,80	0,8799	0,0374	0,0011	0,0900	0,0204	0,0041
C.V. (%)		18,6	4,9	9,4	13,7	18,9	7,9	10,3

Continua...

Quadro 3A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios			
		S	Mn	Zn	Cu
Blocos	3	0,0045	165,8750	98,0833	34,5417
Nitrogênio	3	0,0002	1599,0420	55,2500*	22,2083
Linear	1	0,0001	3524,5120*	159,6125**	32,5125
Quadrática	1	0,0002	540,5620	0,0625	25,0000
Desvio	1	0,0003	732,0500	7,2000	9,1125
Molibdênio	3	0,0012*	1785,7080	39,0833	23,7500
Linear	1	0,0033**	3781,2500*	76,0500*	48,0500
Quadrática	1	0,0003	0,5630	25,0000	16,0000
Desvio	1	0,0001	1575,3120	16,2000	7,2000
N × Mo	9	0,0004	1128,7220	13,8750	23,5694
Resíduo	45	0,0003	849,8080	14,6167	25,1861
C.V. (%)		9,7	19,5	15,1	18,6

Quadro 4A - Análise de variância dos dados de produtividade (Prod.), peso de 100 sementes (P100S), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), no experimento nº 2 de doses de N e de Mo, em Coimbra

FV	GL	Quadrados Médios							
		Prod.	P100S	N	P	K	Ca	S	Mg
Repetição	3	54798,25	1,1404	0,2184	0,0203	0,1988	0,0784	0,0007	0,0018
Tratamentos	(18)	894820,00**	2,5716**	1,4484**	0,0060	0,1762	0,0478	0,0030**	0,0010
N	3	562134,90**	1,5156*	0,0679	0,0037	0,5927**	0,0647	0,0030**	0,0002
Linear	1	1456650,40**	3,8281**	0,1201	0,0083	1,5961**	0,1688	0,0066**	0,0005
Quadrático	1	199139,00	0,0156	0,0144	0,0021	0,1369	0,0135	0,0024**	0,0001
Desvio	1	30615,60	0,7031	0,0690	0,0005	0,0451	0,0119	0,0001	0,0001
Mo	3	1089689,00**	6,4323**	3,4649**	0,0032	0,0212	0,0446	0,0051**	0,0012
Linear	1	2293337,60**	14,0281**	7,3326**	0,0029	0,0266	0,0416	0,0102**	0,0002
Quadrático	1	962851,40**	2,6406**	2,8730**	0,0054	0,0182	0,0749	0,0044**	0,0004
Desvio	1	12877,80	2,6281**	0,1892	0,0116	0,0186	0,0173	0,0007	0,0029*
N * Mo	9	119444,60	0,6962	0,5896	0,0060	0,0934	0,0459	0,0012**	0,0010
Adicionais	2	1467258,00**	6,0833**	2,9968**	0,0106	0,1950	0,0503	0,0083**	0,0023
Fat. vs Adic.	1	7141770,00**	4,0134**	4,1729**	0,0119	0,1002	0,0194	0,0012*	0,0001
Resíduo	54	65044,54	0,3533	0,1066	0,0056	0,0435	0,0403	0,0003	0,0006
C.V. (%)		14,9	3,2	8,4	16,4	9,5	20,4	8,2	10,2

Continua...

Quadro 4A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios		
		Mn	Zn	Cu
Repetição	3	698,3290	67,0351	0,6097
Tratamentos	(18)	2352,1200	102,8011**	7,2222**
N	3	8100,1250**	287,8333**	19,5573**
Linear	1	19375,3160**	781,2500**	58,6531**
Quadrático	1	42,2380	2,2492	0,0156
Desvio	1	4882,8260*	80,0008*	0,0031
Mo	3	387,4170	9,2917	3,8073*
Linear	1	1092,0000	2,1125	9,4531**
Quadrático	1	2,2500	22,5625	1,8906
Desvio	1	68,0010	3,2000	0,0781
N * Mo	9	595,2360	21,6528	0,8906
Adicionais	2	458,0830	180,7500**	8,0833
Fat. vs Adic.	1	2356,4980	402,6711**	35,7240**
Resíduo	54	729,9960	10,5906	0,7115
C.V. (%)		22,1	9,6	8,7

Quadro 5A - Análise de variância dos dados de produtividade (Prod.), peso de 100 sementes (P100S), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), no experimento nº 1 de calagem e de Mo, em Coimbra

FV	GL	Quadrados Médios						
		Prod.	P100S	N	P	K	Ca	Mg
Blocos	3	688249,80	6,8917	0,0812	0,0014	0,0081	0,06874	0,0040
Calagem	4	60211,65	3,3750	0,3184	0,0001	0,0880	0,22252	0,0140
Linear	1	146205,10	4,5125	0,0245	0,0001	0,0061	0,13203	0,0039
Quadrática	1	92575,03	0,0805	0,0089	0,0001	0,0170	0,00004	0,0028
Ind. de Regressão	2	1033,24	4,4536	0,6200	0,0001	0,1644	0,37900	0,0246
Erro a	12	151230,30	3,2250	0,2999	0,0006	0,1793	0,16299	0,0052
Molibdênio	1	4410,00	0,2250	0,0600	0,0001	0,0533	0,00484	0,0004
Cal × Mo	4	9239,25	1,9000	0,0468	0,0005	0,0271	0,04905	0,0008
Mo d/Cal 0	1	2664,50	0,5000	0,0066	0,0002	0,0045	0,00005	0,0010
Mo d/Cal 1062	1	1568,00	0,0000	0,0010	0,0010	0,0045	0,00320	0,0000
Mo d/Cal 2124	1	5000,00	0,6000	0,0946	0,0003	0,1275	0,00845	0,0013
Mo d/Cal 3186	1	4050,00	1,1250	0,0561	0,0001	0,0253	0,09901	0,0013
Mo d/Cal 4248	1	28084,50	0,0000	0,0450	0,0013	0,0000	0,09031	0,0002
Erro b	15	13523,78	0,5583	0,0523	0,0013	0,0332	0,07268	0,0019
C.V. (%)		26,6	6,7	11,5	16,3	17,4	15,9	13,4

Continua...

Quadro 5A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios						
		Produção	P100S	N	P	K	Ca	Mg
Cal d/Mo 0	4	44273,20	1,6750	0,1583	0,0002	0,3459	0,1945	0,0088
Linear	1	139712,50	2,0250	0,1521	0,0004	0,0058	0,1092	0,0036
Quadrática	1	26928,28	0,0177	0,1189	0,0006	0,0012	0,0510	0,0007
Ind. de Regressão	2	5226,01	2,3286	0,2497	0,0001	0,0657	0,3088	0,0154
Cal d/Mo 50	4	25177,70	2,1750	0,2069	0,0003	0,0805	0,0771	0,0060
Linear	1	27878,41	2,5000	0,0096	0,0001	0,0012	0,0336	0,0008
Quadrática	1	70858,29	0,2857	0,0446	0,0009	0,0480	0,0469	0,0023
Ind. de Regressão	2	987,05	2,9571	0,3866	0,0001	0,1364	0,1140	0,0105
		(14)	(16)	(16)	(25)	(16)	(21)	(20)
Erro b'		82,15	1,8917	0,1757	0,0001	0,1063	0,1178	0,0036

Continua...

Quadro 5A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios			
		S	Mn	Zn	Cu
Blocos	3	0,0014	59694,0000	226,0300	37,6670
Calagem	4	0,0001	50377,9600	141,0900	6,6630
Linear	1	0,0006	50200,2600	1,8000	15,3130
Quadrática	1	0,0001	36504,3200	54,3200	8,5800
Ind. de Regressão	2	0,0006	57403,6600	254,1100	1,5350
Erro a	12	0,0010	48022,7300	94,1400	5,5630
Molibdênio	1	0,0001	32718,0000	2,5000	14,4000
Cal × Mo	4	0,0006	12090,3400	21,6900	2,0880
Mo d/Cal 0	1	0,0001	5050,1300	0,5000	8,0000
Mo d/Cal 1062	1	0,0006	55444,5000*	0,5000	0,1250
Mo d/Cal 2124	1	0,0003	18145,1300	1,1300	0,0000
Mo d/Cal 3186	1	0,0001	2312,0000	72,0000	4,5000
Mo d/Cal 4248	1	0,0013	128,0000	15,1300	10,1250
Erro b	15	0,0007	6842,7500	43,5800	10,6170
C.V. (%)		42,6	59,0	27,2	37,6

Continua...

Quadro 5A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios			
		S	Mn	Zn	Cu
Cal d/Mo 0	4	0,0003	28720,6300	135,0800	7,0500
Linear	1	0,0001	61779,6300	1,6000	11,0250
Quadrática	1	0,0003	36210,3100	68,6400	15,0180
Ind. de Regressão	2	0,0004	8446,2800	235,0300*	1,0790
Cal d/Mo 50	4	0,0008	33747,6800	27,7000	1,7000
Linear	1	0,0014	4665,6000	0,4000	4,9000
Quadrática	1	0,0010	6385,7800	4,5700	0,0710
Ind. de Regressão	2	0,0003	61969,6600	52,9100	0,9140
		(25)	(15)	(21)	(25)
Erro b'		0,0008	27432,7400	68,8600	8,0900

() Número de graus de liberdade de b'

Quadro 6A - Análise de variância dos dados de produtividade (Prod.), peso de 100 sementes (P100S), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), no experimento nº 2 de calagem e de Mo, em Coimbra

FV	GL	Quadrados Médios						
		Prod.	P100S	N	P	K	Ca	Mg
Blocos	3	57609,17	1,66167	0,14364	0,001440	0,083247	0,00764	0,001217
Calagem	4	15168,75	0,19437	0,03240	0,002135	0,070517	0,00410	0,000643
Linear	1	36273,27	0,17689	0,06352	0,001903	0,086746	0,00220	0,000026
Quadrática	1	413,79	0,34130	0,00603	0,001499	0,145300	0,01286	0,002385
Ind. de Regressão	2	11993,97	0,12965	0,03003	0,002574	0,025009	0,07829	0,000771
Erro a	12	79307,09	0,86854	0,09987	0,000615	0,026920	0,09881	0,005365
Molibdênio	1	6502,50	1,52100*	0,00361	0,000810	0,024010	0,19460	0,007840
Cal × Mo	4	1921,25	0,11288	0,06212	0,003948*	0,016416	0,07402	0,002359
Mo d/Cal 0	1	3750,00	0,00667	0,02667	0,000817	0,022817	0,00482	0,000600
Mo d/Cal 1250	1	612,50	0,10125	0,00551	0,009113**	0,023113	0,05780	0,001013
Mo d/Cal 2500	1	112,50	0,32000	0,08201	0,000113	0,018050	0,12251	0,004050
Mo d/Cal 3750	1	8450,00	0,98000	0,15125	0,002113	0,018050	0,21125	0,006050
Mo d/Cal 5000	1	5000,00	0,55125	0,00551	0,002450	0,000450	0,08201	0,006050
Erro b	15	20204,15	0,22783	0,06491	0,000640	0,009982	0,07724	0,004062
C.V. (%)		23,7	3,9	6,2	6,2	7,1	19,1	13,8

Continua...

Quadro 6A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios						
		Produção	P100S	N	P	K	Ca	Mg
Cal d/Mo 0	4	7654,17	0,0465	0,0313	0,0028*	0,0297	0,0453	0,0020
Linear	1	22631,42	0,0001	0,0098	0,0002	0,0757*	0,0634	0,0039
Quadrática	1	2072,89	0,1496	0,0017	0,0035**	0,0413	0,0288	0,0018
Ind. de Regressão	2	2956,18	0,0181	0,0569	0,0036**	0,0010	0,0444	0,0012
Cal d/Mo 50	4	4632,50	0,2643	0,0633	0,0022*	0,0572*	0,0372	0,0014
Linear	1	12602,50	0,4410	0,0941	0,0053**	0,0172	0,0672	0,0038
Quadrática	1	144,64	0,2314	0,0009	0,0001	0,1179**	0,0041	0,0006
Ind. de Regressão	2	2891,43	0,1923	0,0791	0,0017*	0,0937**	0,0388	0,0007
		(17)	(18)	(24)	(26)	(20)	(25)	(25)
Erro b'		49755,62	0,5482	0,0824	0,0006	0,0185	0,0880	0,0471

Continua...

Quadro 6A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios			
		S	Mn	Zn	Cu
Blocos	3	0,000076	2546244,0000	55,9583	2,0250
Calagem	4	0,000054	2427972,0000	27,6625	2,5000
Linear	1	0,000045	9780,7900	91,2165	0,1067
Quadrática	1	0,000057	433,9500	5,4828	0,0836
Ind. de Regressão	2	0,000056	4850835,6300	6,9754	4,9048
Erro a	12	0,000074	2744886,0000	18,3958	0,9000
Molibdênio	1	0,000023	2600490,0000	13,2250*	1,2250
Cal × Mo	4	0,000041	2650303,0000	6,6625	0,8500
Mo d/Cal 0	1	0,000017	2360,1700	4,1667	1,6666
Mo d/Cal 1250	1	0,000013	4324,5000	2,0000	1,1250
Mo d/Cal 2500	1	0,000000	12,5000	0,5000	0,5000
Mo d/Cal 3750	1	0,000013	5304,5000	21,1250*	2,0000
Mo d/Cal 5000	1	0,000050	242,0000	1,1250	0,5000
Erro b	15	0,000050	2561548,0000	2,7083	0,5917
C.V. (%)		5,3	35,7	9,3	7,1

Continua...

Quadro 6A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios			
		S	Mn	Zn	Cu
Cal d/Mo 0	4	0,000057	4487,1300	18,7511	1,6625
Linear	1	0,000021	556,0100	65,8286**	1,2071
Quadrática	1	0,000010	119,2200	1,6623	0,0065
Ind. de Regressão	2	0,000060	8636,6500	3,7566	2,7182*
Cal d/Mo 50	4	0,000050	4987,1800	13,8250	1,6750
Linear	1	0,000010	13359,0300	30,6250	0,4000
Quadrática	1	0,000029	261,4500	3,0179	0,0714
Ind. de Regressão	2	0,000707	3164,1100	10,8286	3,1143*
Erro b'		(24) 0,000062	(26) 2653217,0000	(15) 10,5522	(24) 0,7458

()Número de graus de liberdade de b'

Quadro 8A - Análise de variância dos dados de nitrogênio, nos diferentes municípios da Zona da Mata de Minas Gerais

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		V.R. Branco	Coimbra	Leopoldina	Viçosa	Ponte Nova	Ervália
Repetição	4	0,4008 *	0,2211 **	0,2647 *	0,1071	0,0177	0,2203
Adubação	3	1,3119 **	0,4452 **	1,1238 *	0,7092 **	0,3871 **	1,2672 **
Resíduo	12	0,0924	0,0380	0,0668	0,0441	0,0174	0,0800
C.V. (%)		11,1	9,0	10,2	6,7	6,0	10,5

Quadro 7A - Análise de variância dos dados de produtividade, nos diferentes municípios da Zona da Mata de Minas Gerais

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		V.R. Branco	Coimbra	Leopoldina	Viçosa	Ponte Nova	Ervália
Repetição	4	913962,60 *	12545,00	300805,00 *	612957,50 *	29148,30	54024,70
Adubação	3	1200087,00 *	3130925,00 **	2580593,00 *	1967581,00 *	424812,50 **	794234,40 **
Resíduo	12	268432,50	12324,75	23401,67	59350,75	25185,63	17368,75
C.V. (%)		29,0	6,3	8,7	14,4	19,1	13,5

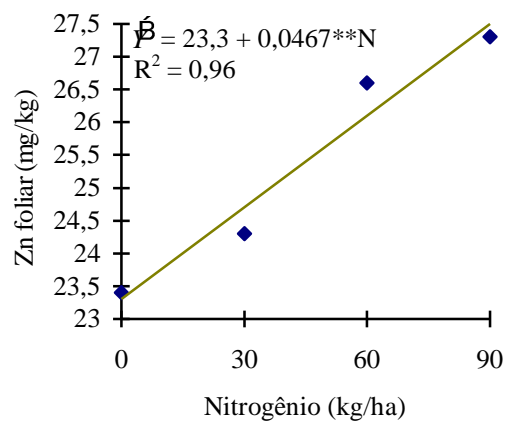
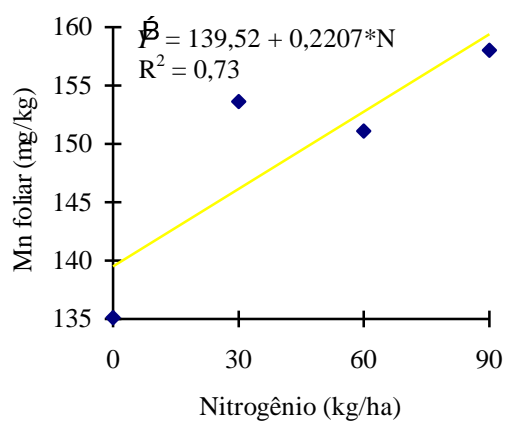
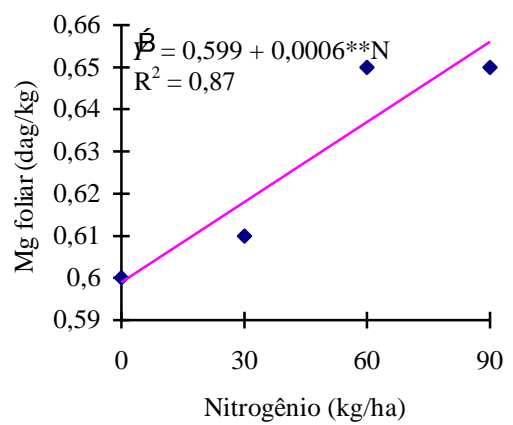
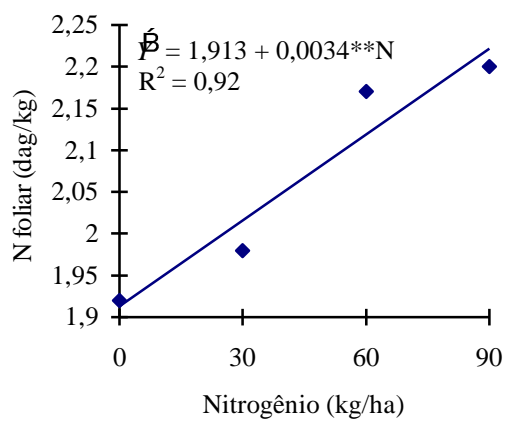


Figura 1 - Teores de nitrogênio (N), magnésio (Mg), manganês (Mn) e zinco (Zn) na folhas em função de doses de N.

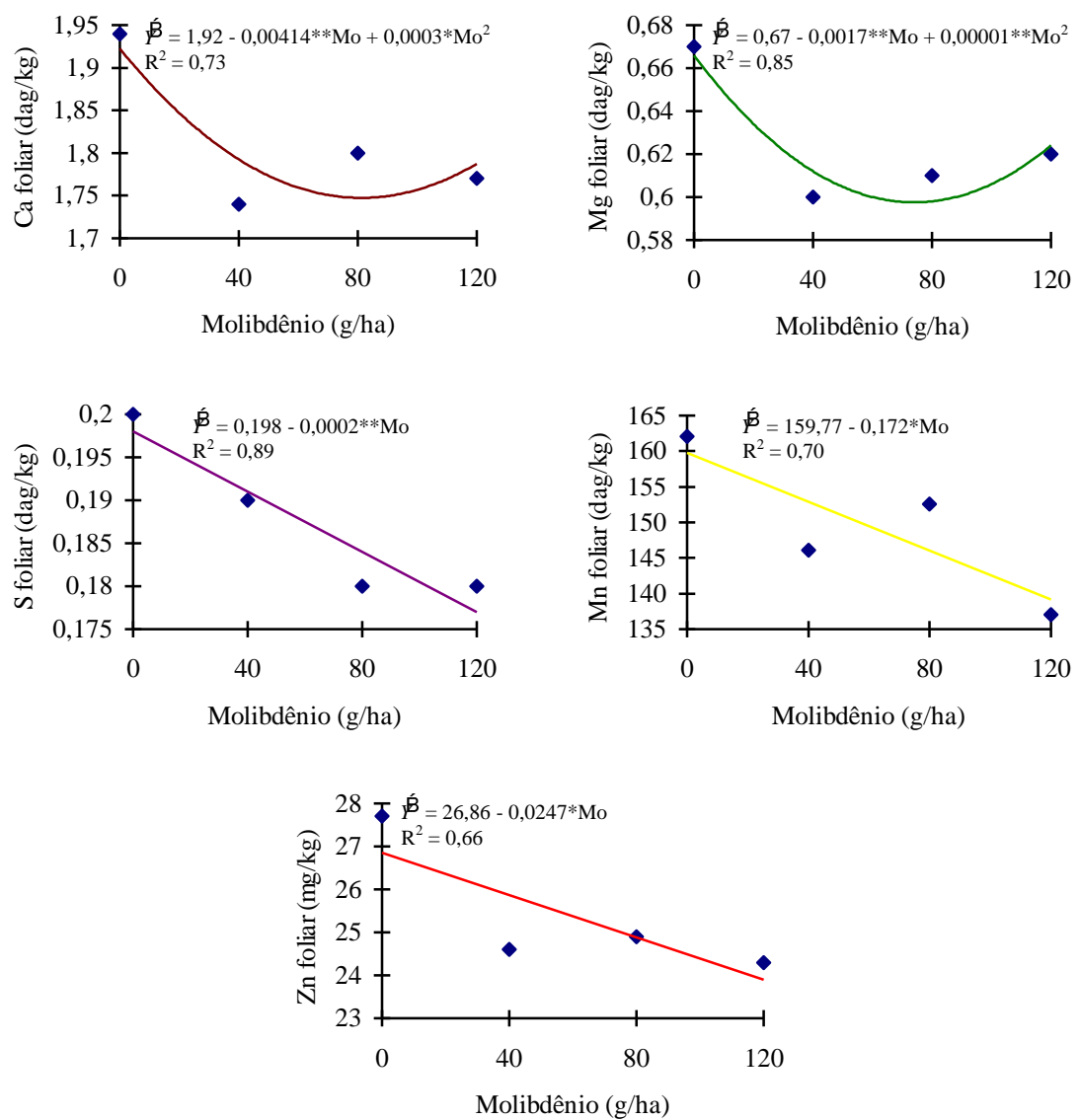


Figura 2 - Teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas em função de doses de Mo.

$$\hat{P} = 1123 + 15,72^{**} Mo - 0,077^{**} Mo^2 + 7,557^{**} N - 0,051^{**} NMo$$

$R^2 = 0,84$

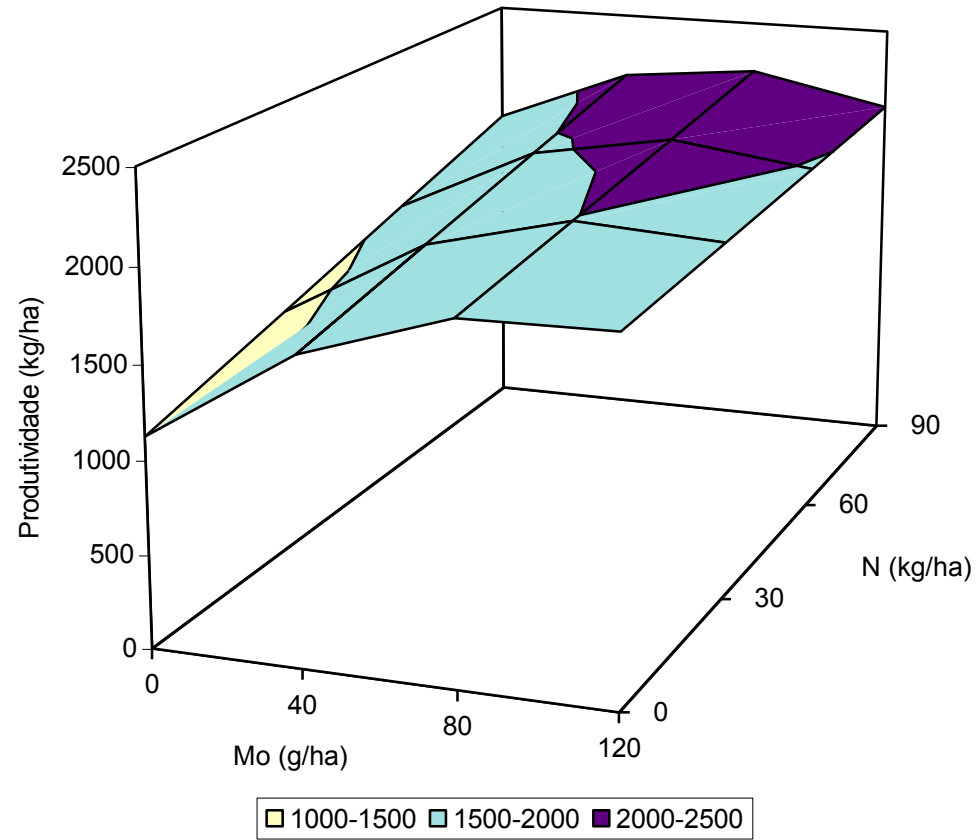


Figura 3 - Produtividade de grãos em função de doses de nitrogênio e de molibdênio.

$$\hat{P} = 17,39 + 0,026^{**} Mo - 0,00013^{**} Mo^2 + 0,0073^{*} N$$
$$R^2 = 0,68$$

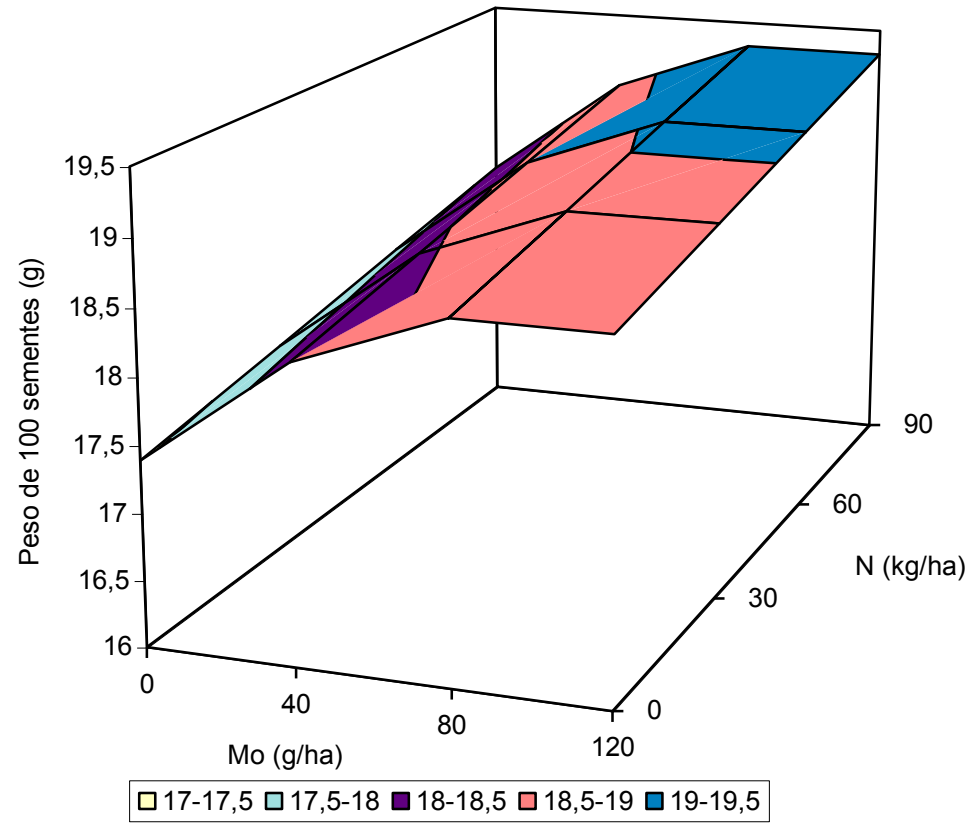


Figura 4 - Peso médio de 100 sementes em função de doses de nitrogênio e de molibdênio.

$$\hat{P} = 2,86 + 0,0301^{**} Mo - 0,00013^{**} Mo^2 + 0,0101^{**} N - 0,00015^{*} NMo$$
$$R^2 = 0,85$$

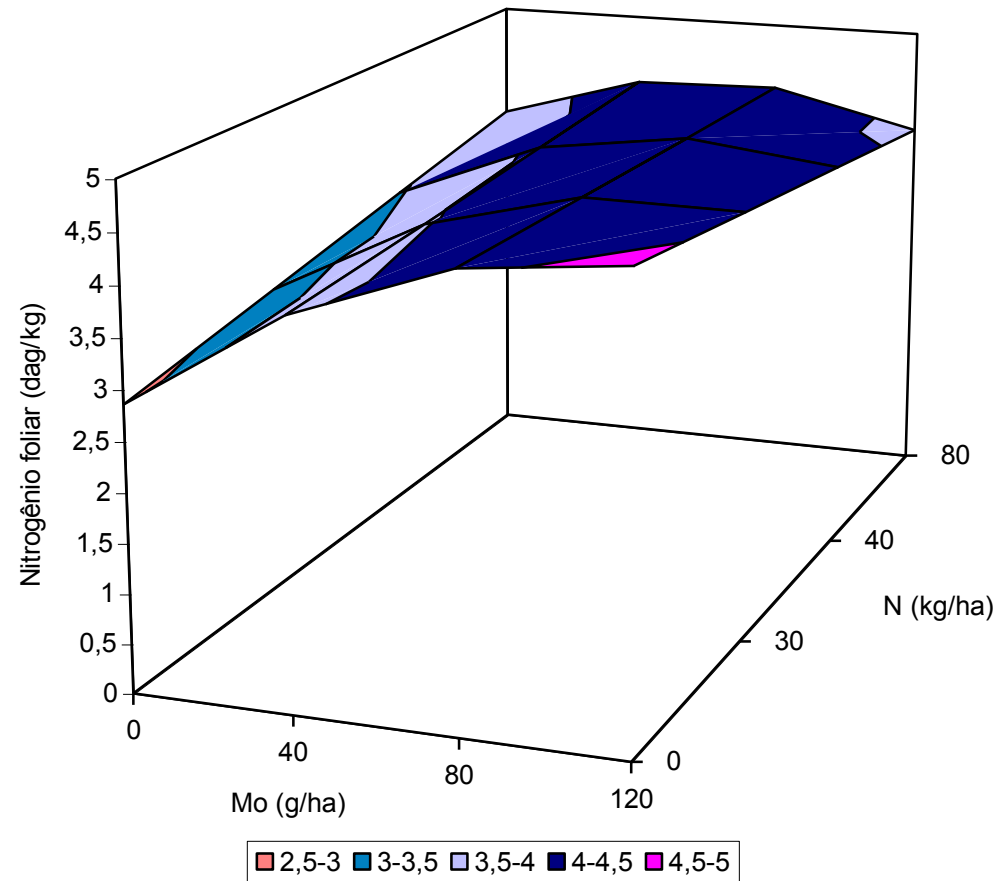


Figura 5 - Teor médio de nitrogênio nas folhas em função de doses de nitrogênio e de molibdênio.

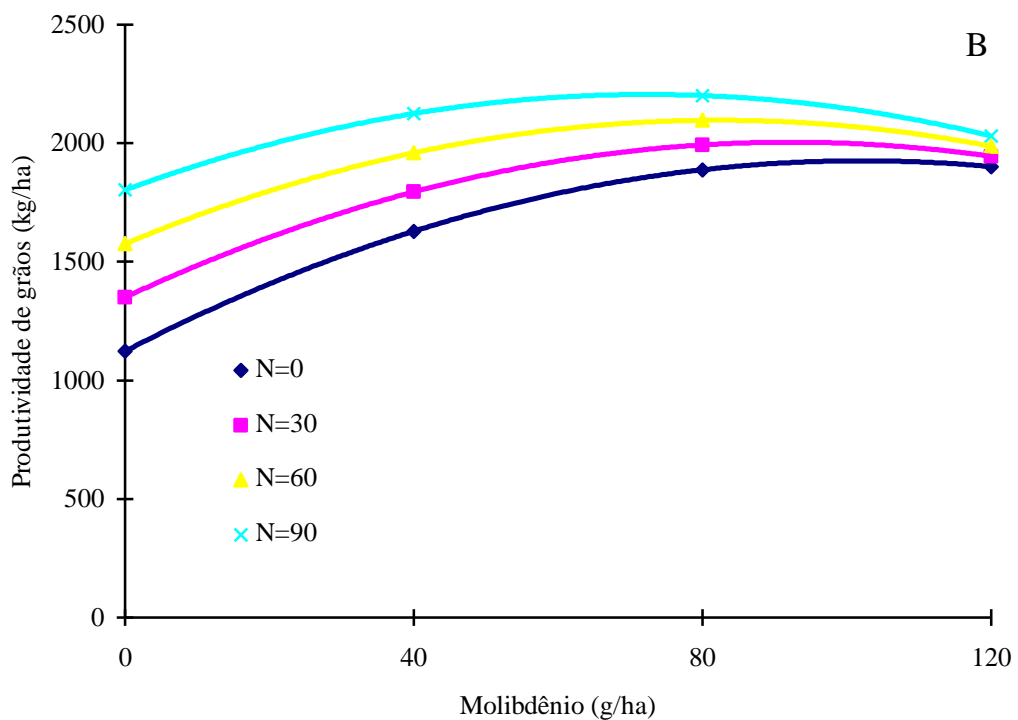
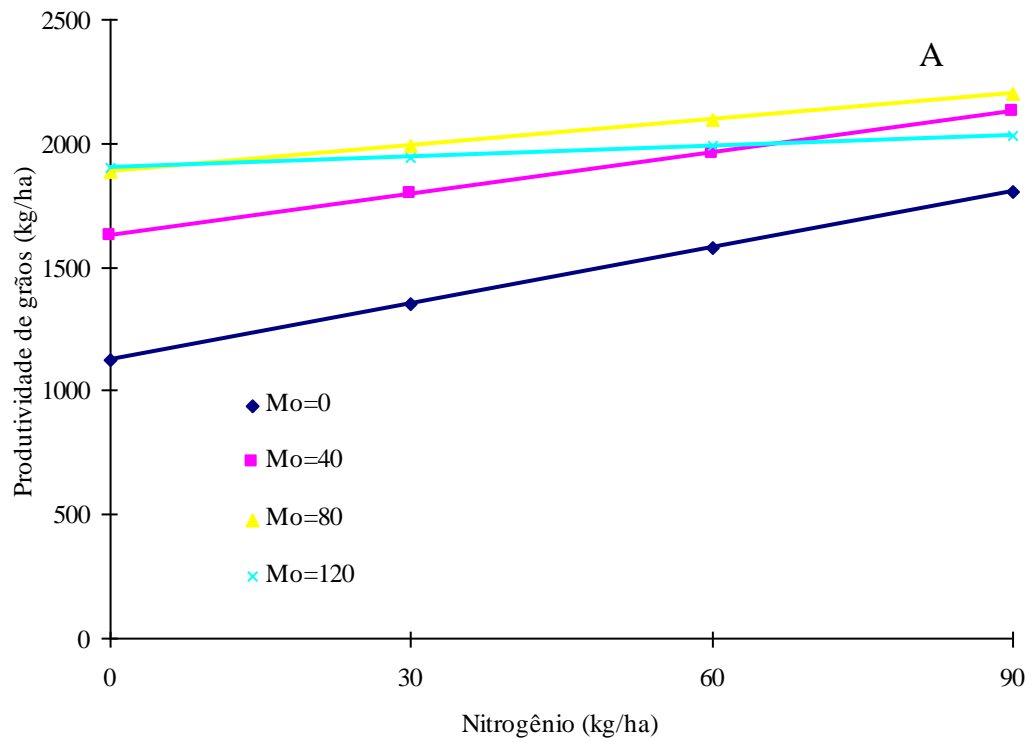


Figura 6 - Cortes na superfície de resposta da produtividade de grãos de feijão, $\hat{Y} = 1.123 + 15,726^{**} Mo - 0,077^{**} Mo^2 + 7,557^{**} N - 0,051^{**} N$ ($R^2=0,84$) em função de doses de N (A) e de Mo (B).

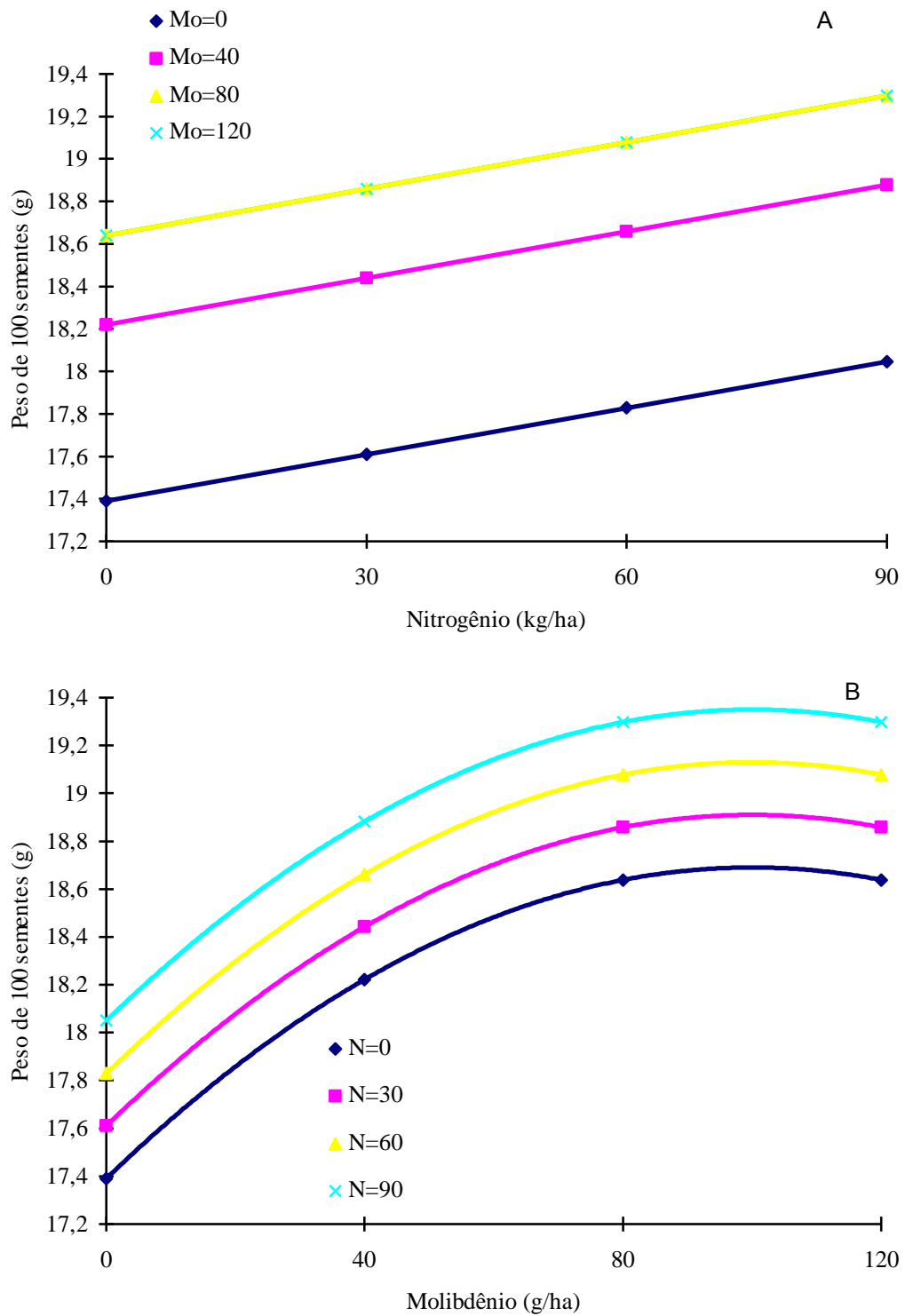


Figura 7 - Cortes na superfície de resposta do peso de 100 sementes de feijão, $\hat{Y} = 17,39 + 0,026^{**} Mo - 0,00013^{**} Mo^2 + 0,0073^{**} N$ ($R^2 = 0,68$) em função de doses de N (A) e de Mo (B).

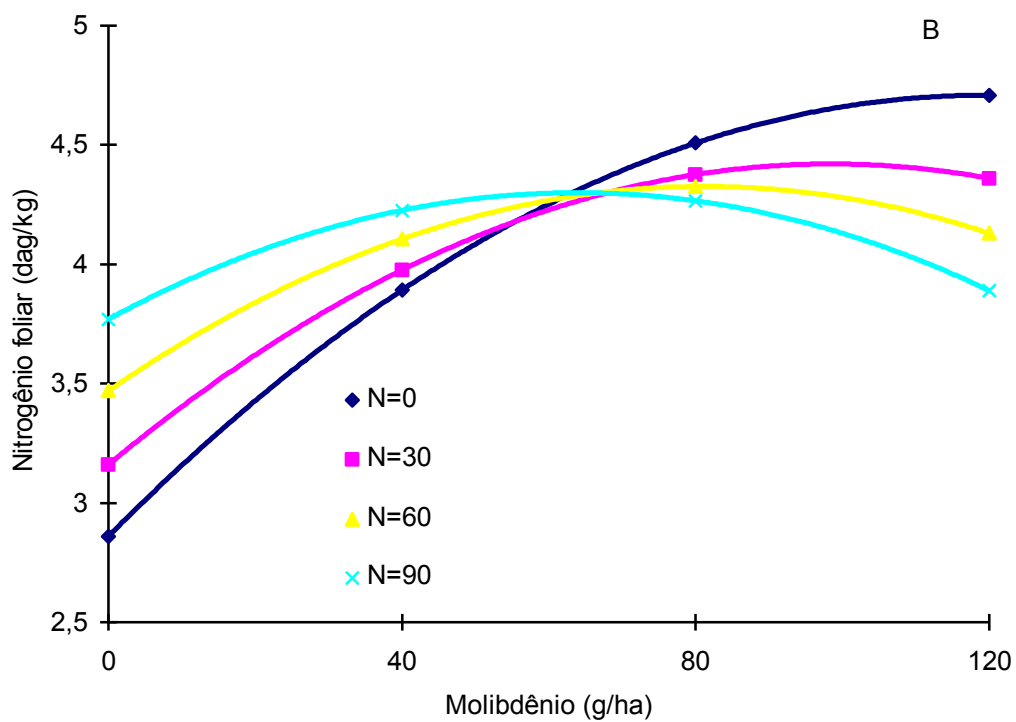
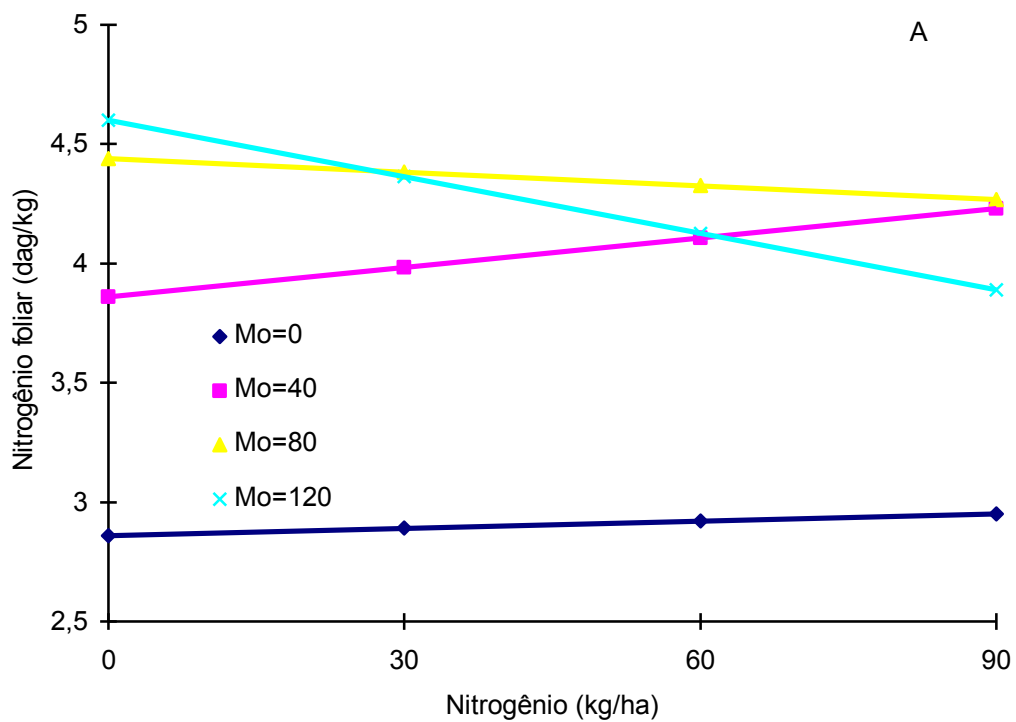


Figura 8 - Cortes na superfície de resposta do teor de nitrogênio nas folhas, $\hat{Y} = 2,86 + 0,0301^{**} Mo - 0,00013^{**} Mo^2 + 0,0101^{**} N - 0,00015^{*} NMo$ ($R^2=0,85$) em função de doses de N (A) e de Mo (B).

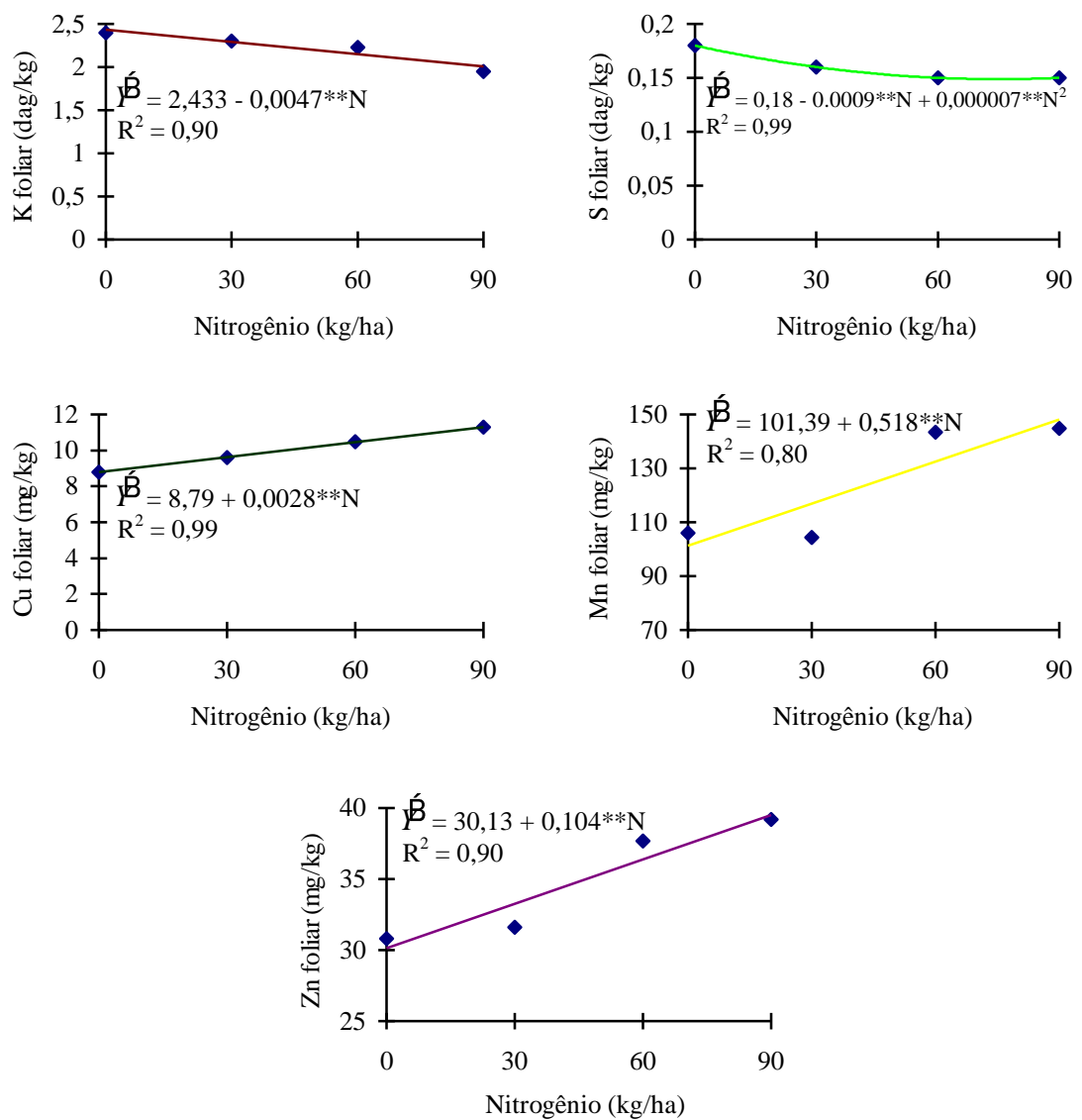


Figura 9 - Teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas em função de doses de N.

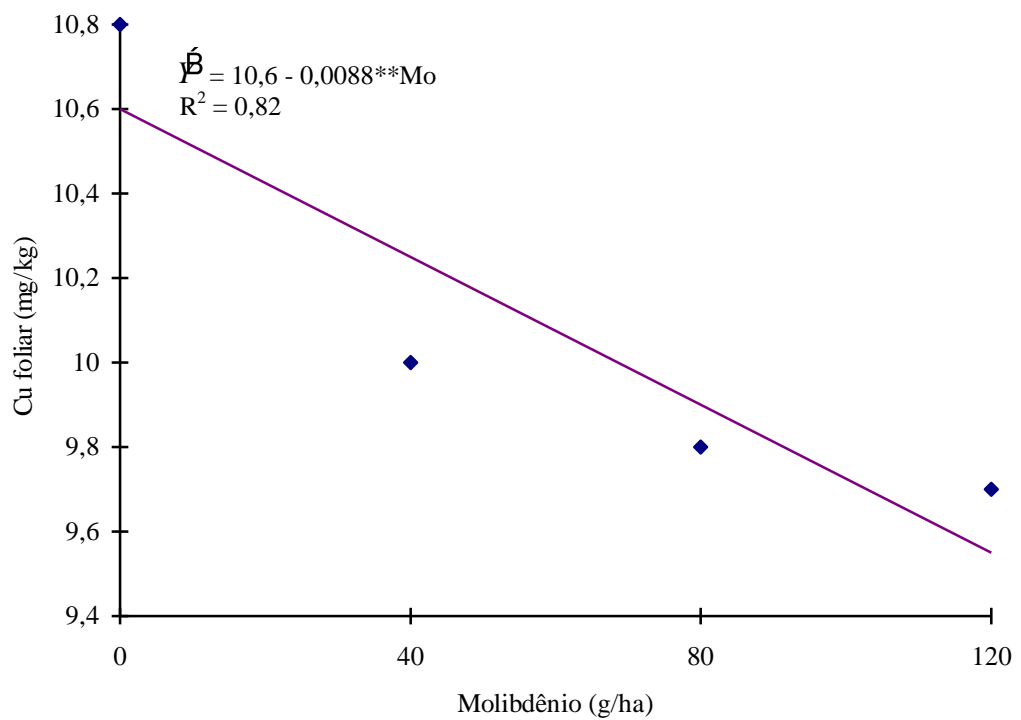
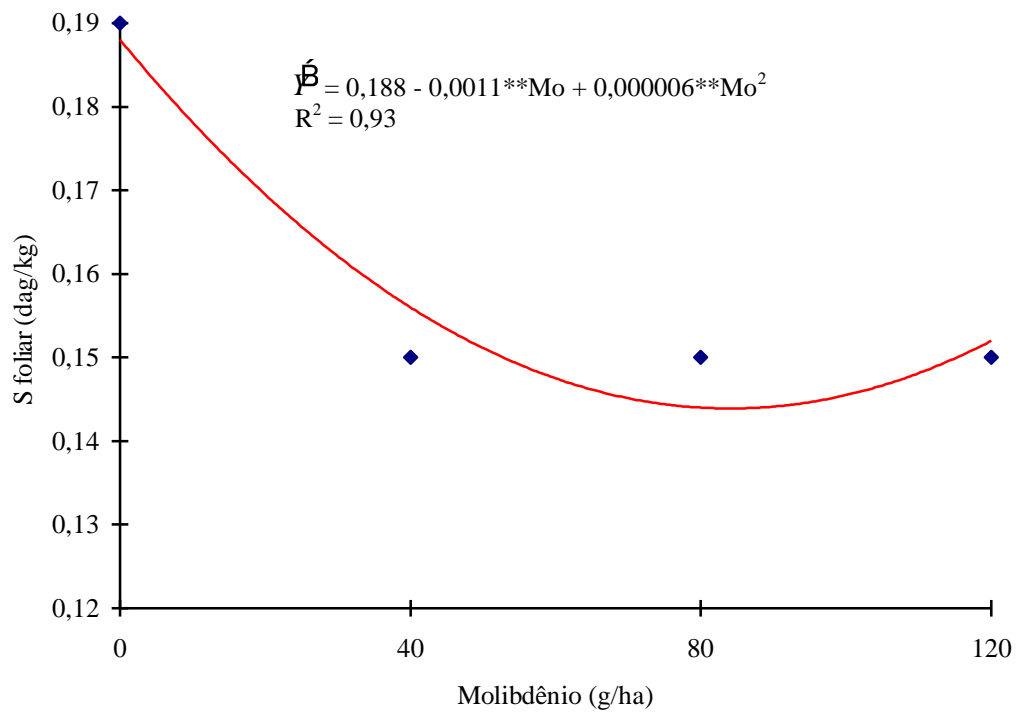


Figura 10 - Teores de enxofre (S) e de cobre (Cu) em função de doses de Mo.

Quadro 4 - Resultados da análise química das amostras de solo coletadas em Visconde do Rio Branco, Coimbra, Leopoldina, Viçosa, Ponte Nova e Ervália (*)

Característica Química	V.R. Branco	Coimbra	Leopoldina	Viçosa	Ponte Nova	Ervália
pH em água (1:2,5)	6,3	5,4	5,3	5,7	5,8	5,0
P disponível ¹ (mg/dm ³)	14,2	0,7	9,9	40	7,7	5,1
K disponível ¹ (mg/dm ³)	112	9	20	98	78	35
Ca ²⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	4,6	1,1	1,8	3,4	3,5	2,6
Mg ²⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	0,8	0,4	0,6	0,4	0,7	0,5
Al ³⁺ trocável (cmol _c /dm ³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Textura	Argilosa	Média	Média	Média	Média	Média

¹Extrator de Mehlich-1.

(*) Análise realizada no Departamento de Solos da UFV.

Quadro 6 - Produtividade de grãos (Prod.), peso de 100 sementes (P100S) e teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nas folhas, no experimento de Leopoldina

I	NP _____ kg/ha)	NC _____	Mo (g/ha)	Prod. (kg/ha)	P100S (g)	N _____	P _____	K _____ dag/kg	Ca _____	Mg _____	S _____	Mn _____ mg/kg)	Zn _____	Cu _____
0	0	0	0	560	25,8	2,82	0,25	1,03	1,62	0,49	0,06	163,5	22,8	7,5
0	0	0	20	1330	24,0	3,20	0,27	0,94	1,55	0,47	0,07	129,5	23,5	8,5
0	0	30	0	980	24,0	3,51	0,27	0,89	1,67	0,55	0,08	174,3	27,8	9,0
0	0	30	20	1675	23,5	3,58	0,28	0,96	1,63	0,56	0,07	165,3	24,5	7,8
0	20	0	0	1100	24,8	3,24	0,26	1,00	1,74	0,54	0,07	241,8	29,3	8,8
0	20	0	20	2550	23,0	3,56	0,25	0,86	1,76	0,57	0,05	293,3	31,5	9,3
0	20	30	0	2350	24,3	4,06	0,25	1,22	1,63	0,53	0,06	275,5	32,3	8,8
0	20	30	20	2490	23,0	3,95	0,27	1,13	1,57	0,51	0,05	274,8	30,0	9,3
1	0	0	0	585	24,3	2,90	0,26	1,03	1,57	0,48	0,07	164,3	23,3	7,8
1	0	0	20	1315	24,8	3,29	0,24	1,32	1,43	0,42	0,04	193,8	25,5	7,0
1	0	30	0	985	24,0	3,65	0,23	1,03	1,66	0,52	0,07	217,3	26,3	8,3
1	0	30	20	1690	24,3	3,77	0,26	1,13	1,55	0,48	0,05	194,5	27,5	8,5
1	20	0	0	1095	24,0	3,61	0,27	1,00	1,63	0,54	0,05	280,3	33,5	10,0
1	20	0	20	2585	24,3	3,43	0,28	1,18	1,58	0,49	0,07	233,3	27,3	9,0
1	20	30	0	2420	23,5	4,16	0,26	0,97	1,64	0,55	0,07	311,8	34,8	9,3
1	20	30	20	2538	23,5	4,15	0,30	0,89	1,73	0,61	0,09	197,5	31,3	9,8
0	•	•	•	1629	24,0	3,49	0,26	1,00	1,64	0,53	0,06	214,7	27,7	8,6
1	•	•	•	1652	24,1	3,62	0,26	1,07	1,60	0,51	0,06	224,1	28,7	8,7
•	0	•	•	1140	24,3	3,34	0,26	1,04	1,58	0,49	0,06	175,3	25,1	8,0
•	20	•	•	2141	23,8	3,77	0,27	1,03	1,66	0,54	0,06	263,5	31,2	9,3
•	•	0	•	1390	24,3	3,26	0,26	1,05	1,61	0,50	0,06	212,4	27,1	8,5
•	•	30	•	1891	23,8	3,85	0,26	1,03	1,63	0,54	0,07	226,3	29,3	8,8
•	•	•	0	1259	24,3	3,49	0,26	1,02	1,64	0,52	0,07	228,6	28,7	8,7
•	•	•	20	2022	23,8	3,62	0,27	1,05	1,60	0,51	0,06	210,2	27,6	8,6
C.V. (%)				7,5	4,2	8,8	15,7	21,7	9,0	13,6	44,5	38,5	16,3	15,9

I = Inoculação, NP = Nitrogênio no sulco de plantio, NC = Nitrogênio em cobertura, Mo = Molibdênio foliar.

Quadro 7 - Produtividade de grãos (Prod.), peso de 100 sementes (P100S) e teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nas folhas, no experimento nº 1, em Coimbra

N (kg/ha)	Mo (g/ha)	Prod. (kg/ha)	P100S (g)	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu
				dag/kg								
				mg/kg								
0	0	1229	18,8	1,80	0,22	1,61	2,00	0,69	0,19	155,0	26,5	6,3
0	40	1331	19,3	2,07	0,27	1,93	1,68	0,57	0,19	128,5	23,0	7,0
0	80	1333	19,1	1,93	0,23	1,63	1,73	0,58	0,18	127,8	22,3	6,5
0	120	1168	18,9	1,90	0,22	1,71	1,5	0,55	0,17	129,0	21,8	6,8
30	0	1315	19,0	1,96	0,25	1,85	1,78	0,61	0,21	139,3	24,8	6,3
30	40	1364	19,7	2,05	0,23	1,72	1,84	0,59	0,18	167,8	25,0	6,8
30	80	1171	19,3	1,97	0,22	1,80	1,88	0,61	0,17	174,8	24,3	6,5
30	120	1149	18,5	1,94	0,23	1,55	1,79	0,64	0,18	132,5	23,0	6,8
60	0	1493	19,3	2,33	0,28	1,80	1,96	0,70	0,21	171,0	31,8	7,8
60	40	1229	18,4	2,10	0,24	1,65	1,73	0,61	0,19	155,0	25,3	7,0
60	80	1197	18,7	2,11	0,24	1,46	1,75	0,65	0,18	143,3	25,3	7,3
60	120	1243	19,5	2,13	0,24	1,58	1,82	0,62	0,18	135,3	24,0	5,8
90	0	1228	20,5	2,24	0,25	1,49	2,01	0,69	0,18	183,0	27,8	6,5
90	40	1269	18,9	2,19	0,25	1,61	1,71	0,65	0,19	133,3	25,0	6,5
90	80	1358	19,6	2,17	0,25	1,68	1,85	0,62	0,18	164,5	28,0	7,5
90	120	1552	19,4	2,19	0,26	1,65	1,72	0,66	0,18	151,3	28,5	7,0
0	•	1265	19,0	1,92	0,24	1,72	1,79	0,60	0,18	135,1	23,4	6,6
30	•	1249	19,1	1,98	0,23	1,73	1,82	0,61	0,18	153,6	24,3	6,6
60	•	1290	19,0	2,17	0,25	1,62	1,81	0,65	0,19	151,1	26,6	6,9
90	•	1352	19,6	2,20	0,25	1,61	1,82	0,65	0,18	158,0	27,3	6,9
•	0	1316	19,4	2,08	0,25	1,69	1,94	0,67	0,20	162,1	27,7	6,7
•	40	1298	19,1	2,10	0,25	1,73	1,74	0,60	0,19	146,1	24,6	6,8
•	80	1264	19,2	2,05	0,23	1,64	1,80	0,61	0,18	152,6	24,9	6,9
•	120	1277	19,1	2,04	0,24	1,62	1,77	0,62	0,18	137,0	24,3	6,6
C.V. (%)		18,6	4,9	9,4	13,7	18,9	7,9	10,3	9,7	19,5	15,1	18,6

Quadro 8 - Produtividade de grãos (Prod.), peso de 100 sementes (P100S) e teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nas folhas, no experimento n^o 2, em Coimbra

N (kg/ha)	Mo (g/ha)	Prod. (kg/ha)	P100S (g)	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu
				dag/kg								
				mg/kg								
0	0	868	16,75 ^{2,3}	2,57 ^{2,3}	0,41	2,08	0,99 ^{1,2,3}	0,26 ³	0,24 ^{2,3}	106,0	26,0 ³	9,0 ²
0	40	1678 ^{1,2}	18,25 ¹	4,11 ¹	0,44	2,41 ¹	1,17 ^{1,2,3}	0,32	0,16 ¹	119,0	33,0 ^{1,2}	8,0
0	80	1838 ^{1,2}	18,50 ¹	4,51 ^{1,2}	0,49	2,54 ^{1,3}	0,97 ^{1,2,3}	0,29	0,16 ¹	100,0	33,0 ^{1,2}	9,0 ²
0	120	1905 ^{1,2}	19,25 ¹	4,49 ^{1,2}	0,46	2,57 ^{1,3}	1,02 ^{1,2,3}	0,29	0,16 ¹	100,0	32,0 ^{1,2}	9,0 ²
30	0	1475 ^{1,2}	17,75 ¹	2,98 ³	0,48	2,32 ¹	1,00 ^{1,2,3}	0,29	0,19 ^{2,3}	113,0	33,0 ^{1,2}	11,0 ^{1,2}
30	40	1955 ^{1,2}	19,25 ¹	4,28 ¹	0,53	2,35 ¹	0,96 ^{1,2,3}	0,30	0,16 ¹	93,0 ³	34,0 ^{1,2}	10,0 ^{1,2}
30	80	2138 ^{1,2,3}	18,50 ¹	4,26 ¹	0,43	2,24	0,98 ^{1,2,3}	0,27	0,14 ¹	103,0	30,0 ^{1,2}	9,0 ²
30	120	1863 ^{1,2}	18,75 ¹	4,20 ¹	0,38	2,30	1,05 ^{1,2,3}	0,30	0,15 ¹	109,0	29,0 ^{1,2}	9,0 ²
60	0	1760 ^{1,2}	18,00 ¹	3,84 ¹	0,45	2,24	1,09 ^{1,2,3}	0,31	0,16 ¹	169,0 ^{1,2}	38,0 ^{1,2}	11,0 ^{1,2}
60	40	1995 ^{1,2}	18,75 ¹	3,96 ¹	0,47	2,40 ¹	0,98 ^{1,2,3}	0,30	0,15 ¹	138,0 ²	37,0 ^{1,2}	11,0 ^{1,2}
60	80	1978 ^{1,2}	18,25 ¹	4,25 ¹	0,46	2,21	0,99 ^{1,2,3}	0,29	0,14 ¹	141,0 ²	39,0 ^{1,2}	11,0 ^{1,2}
60	120	2003 ^{1,2}	19,00 ¹	4,18 ¹	0,45	2,08	0,89 ^{1,2,3}	0,29	0,14 ¹	126,0	37,0 ^{1,2}	10,0 ^{1,2}
90	0	1725 ^{1,2}	18,00 ¹	3,76 ¹	0,50	2,04	1,08 ^{1,2,3}	0,29	0,16 ¹	136,0	40,0 ^{1,2}	12,0 ^{1,2}
90	40	1960 ^{1,2}	19,00 ¹	4,09 ¹	0,48	1,85	0,80 ^{1,2,3}	0,29	0,15 ¹	150,0 ¹	39,0 ^{1,2}	12,0 ^{1,2}
90	80	2160 ^{1,2,3}	19,50 ¹	4,06 ¹	0,47	1,91	0,70 ^{1,2,3}	0,29	0,15 ¹	152,0 ¹	39,0 ^{1,2}	11,0 ^{1,2}
90	120	2140 ^{1,2,3}	19,25 ¹	4,11 ¹	0,49	2,01	0,98 ^{1,2,3}	0,31	0,15 ¹	142,0 ²	40,0 ^{1,2}	11,0 ^{1,2}
0*	0	440 c	16,50 b	2,34 b	0,37 a	1,91 b	0,27 b	0,27 b	0,22 a	94,0 b	24,0 b	8,0 b
0*	80	915 b	18,50 a	3,76 a	0,46 a	2,35 a	0,29 a	0,29 ab	0,14 b	86,0 b	25,0 b	7,0 b
60*	80	1643 a	18,75 a	3,91 a	0,43 a	2,10 ab	0,32 ab	0,32 a	0,15 b	148,0 a	36,0 a	10,0 a

Continua...

Quadro 8, Cont.

N (kg/ha)	Mo (g/ha)	Prod. (kg/ha)	P100S (g)	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn mg/kg	Cu
				dag/kg								
0	•	1572	18,2	3,92	0,45	2,40	1,04	0,29	0,18	106,1	30,8	8,8
30	•	1858	18,6	3,93	0,45	2,30	1,00	0,29	0,16	104,4	31,6	9,6
60	•	1934	18,5	4,06	0,46	2,23	0,99	0,30	0,15	143,4	37,7	10,5
90	•	1996	18,9	4,01	0,48	1,95	0,89	0,30	0,15	144,9	39,2	11,3
•	0	1457	17,6	3,29	0,46	2,17	1,04	0,28	0,19	130,9	33,9	10,8
•	40	1897	18,8	4,11	0,48	2,25	0,98	0,30	0,15	125,0	35,6	10,0
•	80	2028	18,7	4,27	0,46	2,22	0,91	0,28	0,15	124,0	35,2	9,8
•	120	1978	19,1	4,25	0,44	2,24	0,98	0,30	0,15	118,9	34,6	9,7
C.V. (%)		14,9	3,2	8,4	16,4	9,5	20,4	10,2	8,2	22,1	9,6	8,7

(1,2,3) Médias seguidas por estes números diferem estatisticamente pelo teste de Dunnett dos adicionais 0-0, 0-80 e 60-80, respectivamente.

(*) Tratamentos adicionais que não receberam 20 kg/ha de N nos sulcos de plantio.

Quadro 10 - Produtividade de grãos (Prod.), peso de 100 sementes (P100S) e teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nas folhas, no experimento de calagem nº 1, em Coimbra

Cal (kg/ha)	Mo (g/ha)	Prod. (kg/ha)	P100S (g)	N	P	K	Ca dag/kg	Mg	S	Mn	Zn mg/kg	Cu
0	0	1192	20,3	3,59	0,20	1,78	2,29	0,44	0,08	339,8	29,5	8,3
0	50	1156	20,8	3,53	0,19	1,73	2,30	0,46	0,07	289,5	30,0	6,3
1062	0	1019	19,0	3,32	0,19	1,87	1,95	0,38	0,06	340,5	28,5	7,5
1062	50	1047	19,0	3,34	0,20	1,92	1,91	0,38	0,07	174,0	28,0	7,3
2124	0	1007	20,3	3,23	0,20	1,93	2,19	0,40	0,07	326,5	27,8	6,8
2124	50	957	19,8	3,44	0,21	1,68	2,12	0,43	0,08	231,3	28,5	6,8
3186	0	928	19,3	3,72	0,20	1,71	2,35	0,50	0,07	334,5	40,0	8,8
3186	50	973	20,0	3,89	0,20	1,60	2,12	0,48	0,06	368,5	34,0	7,3
4248	0	942	19,0	3,48	0,21	1,91	1,83	0,43	0,07	146,3	24,8	10,3
4248	50	1061	19,0	3,33	0,19	1,91	2,05	0,44	0,05	138,3	27,5	8,0
0	•	1174	20,5	3,56	0,20	1,75	2,29	0,45	0,07	314,6	29,8	7,3
1062	•	1033	19,0	3,33	0,20	1,90	1,93	0,38	0,06	257,3	28,3	7,4
2124	•	982	20,0	3,33	0,20	1,80	2,15	0,42	0,08	278,9	28,1	6,8
3186	•	951	19,6	3,80	0,20	1,66	2,23	0,49	0,06	351,5	37,0	8,0
4248	•	1001	19,0	3,41	0,20	1,91	1,94	0,43	0,06	142,3	26,1	9,1
•	0	1018	19,6	3,47	0,20	1,84	2,12	0,43	0,07	297,5	30,1	8,3
•	50	1038	19,7	3,51	0,20	1,77	2,10	0,44	0,07	240,3	29,6	7,1
C.V. (%)		26,6	6,7	11,5	16,3	17,4	15,9	13,4	42,6	59,0	27,2	37,6

Quadro 11 - Produtividade de grãos (Prod.), peso de 100 sementes (P100S) e teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) nas folhas, no experimento de calagem nº 2, em Coimbra

Cal (kg/ha)	Mo (g/ha)	Prod. (kg/ha)	P100S (g)	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu	
				dag/kg									mg/kg
0	0	893	19,1	4,55	0,36	1,97	1,53	0,47	0,15	253,3	37,7	12,0	
0	50	858	18,8	4,66	0,39	1,83	1,10	0,49	0,15	257,8	34,8	12,0	
1250	0	935	19,0	4,67	0,44	1,97	1,48	0,48	0,15	166,8	35,5	12,0	
1250	50	917	18,8	4,73	0,37	1,86	1,65	0,51	0,15	213,3	34,5	11,3	
2500	0	903	18,9	4,49	0,41	1,97	1,71	0,53	0,15	240,0	35,0	12,5	
2500	50	910	18,5	4,70	0,42	2,07	1,46	0,49	0,15	237,5	35,5	13,0	
3750	0	970	18,9	4,69	0,38	1,91	1,73	0,52	0,15	223,0	34,5	10,0	
3750	50	905	18,2	4,42	0,41	1,81	1,41	0,46	0,15	171,5	31,3	11,8	
5000	0	1003	19,1	4,53	0,39	1,77	1,63	0,52	0,15	198,3	31,3	11,8	
5000	50	953	18,6	4,58	0,43	1,75	1,42	0,46	0,15	187,3	32,0	12,3	
0	•	873	18,9	4,61	0,38	1,89	1,52	0,48	0,15	255,4	36,0	12,0	
1250	•	926	18,9	4,70	0,40	1,91	1,56	0,49	0,15	190,0	35,0	11,6	
2500	•	906	18,7	4,59	0,41	2,02	1,59	0,51	0,15	238,8	35,3	12,8	
3750	•	938	18,6	4,55	0,40	1,86	1,57	0,49	0,15	197,3	32,9	11,3	
5000	•	978	18,9	4,55	0,41	1,76	1,52	0,49	0,15	192,8	31,6	12,0	
•	0	943	19,0	4,59	0,40	1,91	1,62	0,51	0,15	214,2	34,6	11,8	
•	50	909	18,6	4,62	0,40	1,86	1,49	0,48	0,15	213,5	33,6	12,1	
C.V. (%)		23,7	3,9	6,2	6,2	7,1	19,1	13,8	5,3	35,7	9,3	7,1	

Quadro 12 - Produtividade de grãos do cultivar Meia Noite nos seis municípios da Zona da Mata de Minas Gerais (*)

Adubação (NP-NC-Mo)	V.R. Branco	Coimbra	Leopoldina	Viçosa	Ponte Nova	Ervália	Média
	kg/ha						
0-0-0	1064 B	602 C	742 C	776 B	428 B	415 C	671
0-40-70	1894 AB	1964 B	1796 B	1794 A	832 A	1021 B	1550
20-0-70	2068 A	2190 A	2244 A	2058 A	950 A	1132 AB	1774
20-40-70	2114 A	2318 A	2286 A	2136 A	1112 A	1344 A	1885
Média	1785	1769	1767	1.691	831	978	
C.V.(%)	29,0	6,3	8,7	14,4	19,1	13,5	11,8

(*) As médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.
 NP = Nitrogênio no sulco de plantio, NC = Nitrogênio em cobertura, Mo = Molibdênio nas folhas.

Quadro 13 - Teores de nitrogênio nas folhas do cultivar de feijão Meia Noite nos seis municípios da Zona da Mata de Minas Gerais (*)

Adubação (NP-NC-Mo)	V.R. Branco	Coimbra	Leopoldina	Viçosa	Ponte Nova	Ervália	Média
	dag/kg						
0-0-0	2,06 B	1,78 B	1,92 C	2,60 B	1,86 C	1,97 B	2,03
0-40-70	3,09 A	2,35 AB	2,70 BA	3,26 A	2,20 B	2,84 A	2,74
20-0-70	2,64 A	2,08 B	2,46 B	3,28 A	2,24 B	2,75 A	2,58
20-40-70	3,18 A	2,44 A	3,05 A	3,46 A	2,54 A	3,15 A	2,97
Média	2,74	2,16	2,53	3,15	2,21	2,68	
C.V.(%)	11,1	9,0	10,2	6,7	6,0	10,5	9,2

(*) As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.
 NP = Nitrogênio no sulco de plantio, NC = Nitrogênio em cobertura, Mo = Molibdênio nas folhas.

Quadro 5 - Produtividade de grãos (Prod.) e peso de 100 sementes (P100S) de feijão, no experimento de Visconde do Rio Branco

I	NP (kg/ha)	NC (kg/ha)	Mo (g/ha)	Prod. (kg/ha)	P100S (g)
0	0	0	0	871	24,0
0	0	0	20	1628	26,8
0	0	30	0	1174	24,3
0	0	30	20	2569	28,3
0	20	0	0	1098	23,8
0	20	0	20	2695	28,0
0	20	30	0	1807	25,5
0	20	30	20	2409	27,8
1	0	0	0	875	23,5
1	0	0	20	1956	27,8
1	0	30	0	1282	25,0
1	0	30	20	2359	28,3
1	20	0	0	1313	23,5
1	20	0	20	1786	26,3
1	20	30	0	1836	25,5
1	20	30	20	2868	28,0
0	•	•	•	1781	26,0
1	•	•	•	1784	26,0
•	0	•	•	1589	26,0
•	20	•	•	1976	26,0
•	•	0	•	1528	25,4
•	•	30	•	2038	26,6
•	•	•	0	1282	24,4
•	•	•	20	2284	27,6
C.V. (%)				24,1	3,6

I = Inoculação, NP = Nitrogênio no sulco de plantio, NC = Nitrogênio em cobertura, Mo = Molibdênio em aplicação foliar.

Quadro 9 - Resultados da análise de pH das amostras de solo, com experimentos de calagem, após a colheita de feijão

Experimento nº 1		Experimento nº 2	
	pH em água (1:2,5)		pH em água (1:2,5)
Antes do plantio	4,9	Antes do plantio	4,9
Após colheita (calcário dolomítico) (kg/ha)		Após colheita (calcário calcítico) (kg/ha)	
0	4,8	0	5,0
1062	5,0	1250	5,3
2124	5,4	2500	5,4
3186	5,8	3750	5,5
4248	5,9	5000	5,8