

PAULO ROBERTO RIBEIRO ROCHA

**ADUBAÇÃO MOLÍBDICA NA CULTURA DO FEIJÃO NOS
SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

PAULO ROBERTO RIBEIRO ROCHA

**ADUBAÇÃO MOLÍBDICA NA CULTURA DO FEIJÃO NOS
SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 08 de maio de 2008.

Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro
(Co-orientador)

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Co-orientador)

Prof. Lino Roberto Ferreira

Prof. Paulo Geraldo Berger

Prof. Geraldo Antônio de Andrade Araújo
(Orientador)

Aos meus pais, Paulo e Ana Lúcia.

Aos meus irmãos, Edmundo, Carlos e Maria Rosa.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

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

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao professor Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pela orientação segura, pelos ensinamentos e paciência.

Aos professores José Eustáquio de Souza Carneiro e Paulo Roberto Cecon, pelos conselhos, pelas críticas e sugestões apresentadas neste trabalho.

Aos professores Paulo Geraldo Berger e Lino Roberto Ferreira pelas críticas e sugestões apresentadas neste trabalho.

Aos funcionários da Agronomia, em especial ao Gilberto, pela ajuda indispensável na condução dos experimentos.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Domingos Sávio e Itamar, pela valiosa colaboração.

Aos meus pais, Paulo e Ana Lúcia, que sem eles não seria possível estar aqui dedicando estas palavras e pelo incentivo constante.

Aos meus irmãos, Edmundo, Carlos e Maria Rosa, pelo apoio e pela amizade e a toda minha família.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para concretização deste trabalho.

BIOGRAFIA

PAULO ROBERTO RIBEIRO ROCHA, filho de Paulo Almeida Rocha e Ana Lúcia Ribeiro Rocha, nasceu em São João do Paraíso, Minas Gerais, no dia 18 de maio de 1982.

Em 1996, concluiu o 1º grau na “Escola Estadual Mendes de Oliveira” em São João do Paraíso – MG.

Em 1999, o 2º grau na “Escola Agrotécnica Federal de Salinas” em Salinas – MG, onde obteve o título de Técnico em Agropecuária.

Em março de 2001 ingressou na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em Agronomia em maio de 2006.

Em maio de 2006, iniciou-se o curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, tendo a dissertação sido aprovada em 28 de abril de 2008.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. O molibdênio no solo.....	3
2.2. O molibdênio na planta.....	4
2.3. A adubação com molibdênio	6
2.4. Sistemas de plantio.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	15
4.1. Produtividade de grãos e componentes de produção.....	15
4.2. Teores foliares de Mo e N e o índice SPAD.....	19
4.3. Teores nos grãos de Mo e N.....	24
4.4. Teores foliares de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn	28
4.5. Teores nos grãos de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn.....	33
5. CONCLUSÕES.....	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

RESUMO

ROCHA, Paulo Roberto Ribeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2008. **Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional.** Orientador: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Co-orientadores: José Eustáquio de Souza Carneiro e Paulo Roberto Cecon.

Com o objetivo de estudar o efeito de doses de molibdênio na cultura do feijoeiro nos sistemas de plantio direto e convencional sobre os componentes de produção e teores de nutrientes nas folhas e nos grãos, elaborou-se este trabalho. Foram conduzidos dois experimentos em campo: um no período de inverno-primavera (época de inverno), com semeadura em julho de 2006; e o outro no período de verão-outono (época da seca), sendo a semeadura realizada em março de 2007. O estudo foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Coimbra, Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são 20°50'30" de latitude sul e 42°48'30" longitude oeste e altitude de 715 metros. Os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso, com quatro de repetições, no esquema de parcela subdivididas. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de plantio (direto e convencional) e as subparcelas, pelos níveis de Mo (0, 40, 80, 160, 320 g ha⁻¹). A adubação de plantio se constituiu de 350 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16, não tendo sido feita adubação em cobertura com nitrogênio. A cultivar utilizada foi a Ouro Vermelho. O Mo foi aplicado via foliar, aos 25 dias após a emergência das plântulas, utilizando como fonte o molibdato de sódio. Avaliou-se o número de grãos por vagem, o número de vagens por m², a massa de 100 grãos, a produtividade de grãos, o estande final e os teores dos nutrientes nas folhas e nos grãos. O número de vagens por m² e a produtividade dos grãos aumentou em resposta a aplicação foliar de molibdênio. A produtividade de grãos, no sistema de

plantio direto foi maior que plantio convencional. Na época de plantio de inverno, a produtividade e os componentes de produção foram maiores que na época da seca. Os teores de Mo nas folhas do feijoeiro aumentaram em resposta à sua aplicação. Os teores de foliares de N (total e orgânico) do feijoeiro aumentam em resposta a adubação à aplicação de Mo, em ambos os sistemas de plantio.

ABSTRACT

ROCHA, Paulo Roberto Ribeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May 2008.

Molybdenum fertilization on bean crop in no-tillage and conventional systems. Adviser: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Co-advisers: José Eustáquio de Souza Carneiro and Paulo Roberto Cecon.

The objective of this work was to study the effects of molybdenum doses, applied on bean crop under the conventional and no-tillage systems, on the production components and nutrient rates in leaves and grains. Two experiments were carried out in the field: one during winter-spring (winter season), with sowing in July 2006, and the other one during summer-fall (dry season), with sowing in March 2007. The study was carried out in the Experimental Station at the Federal University of Viçosa, Coimbra County, Minas Gerais State, Brazil, 20°50'30" South Latitude and 42°48'30" West Longitude, 715m High. The experiments were carried out in randomized block design with four repetitions and subdivided plots. The plots were represented by the soil management system (conventional or no-tillage), and the subplots were represented by the molybdenum doses (0, 40, 80, 160 and 320 g ha⁻¹). The crop fertilization included 350 kg ha⁻¹ of the 8-28-16 (NPK) formulation. Nitrogen fertilization was not simultaneously performed to the Mo fertilization. "Ouro Vermelho" variety crops were used. Mo was foliarly applied 25 days after the seedlings had sprouted, using sodium molybdate as a source of Mo. The number of grain per pods, the number of pods per square meter, the weight of 100 grains, grain productivity, number of plants per plot, and nutrient rates in the leaves and grains were evaluated. The number of pods per square meter and grain productivity were increased by Mo doses. Grain productivity under the no-tillage system was higher than the conventional one. Productivity and production components were higher in

the winter season when compared to the dry season. Mo rates in the bean leaves increased in response to its application. Mo leaf fertilization increased N (total and organic) rates in bean crops under both plantation systems.

1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes constituintes da dieta da população brasileira por ser reconhecidamente uma excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos e de ser rico em ferro.

No Brasil, o feijão é cultivado em aproximadamente 4,22 milhões de hectares, com produção anual em torno de 3,5 milhões de toneladas (FNP, 2007). Apesar de a produtividade média nacional ser baixa, em torno de 820 kg ha⁻¹, a cultura vem sendo explorada numa diversidade de sistemas de produção, obtendo produtividades acima de 3.000 kg ha⁻¹. A baixa produtividade no país é devida a métodos culturais inadequados, variações climáticas, problemas fitossanitários e esgotamento progressivo do solo.

A baixa fertilidade dos solos tem sido considerada fator preponderante para esse baixo rendimento, principalmente no que se refere ao nitrogênio, que é o macronutriente mais absorvido pelo feijoeiro (GALLO & MIYASAKA, 1961). Alta produtividade do feijoeiro requer quantidades de nitrogênio superiores a 100 kg ha⁻¹. Um adequado suprimento desse nutriente está associado a uma boa atividade fotossintética e a um vigoroso crescimento vegetativo.

O molibdênio tem função metabólica diretamente relacionada ao metabolismo do nitrogênio na planta, através das enzimas nitrato redutase que reduz o nitrato a nitrito, sendo este processo a primeira etapa da incorporação do nitrogênio às proteínas (MARSCHNER, 1995). Este micronutriente também participa como co-fator da nitrogenase, responsável pela fixação biológica do nitrogênio. Tem-se obtido grande resposta do feijoeiro à adubação com molibdênio aplicado diretamente no

solo (BRAGA, 1972), ou por meio de sementes (FERREIRA *et al.*, 2002; LEITE, 2004), ou por via foliar (BERGER *et al.*, 1996).

Nos últimos anos, vem crescendo a adoção do sistema de plantio direto no Brasil. Este sistema caracteriza-se pela pouca movimentação do solo e pela grande quantidade de resíduos deixados em sua superfície, o que diminui significativamente as perdas de solo por erosão. No plantio direto, a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo repercute na sua fertilidade e, conseqüentemente, na produtividade das culturas (BALBINO *et al.*, 1996).

Os sistemas de cultivo plantio direto e convencional apresentam características distintas com relação ao comportamento de nutrientes no solo e à sua absorção pela planta. No entanto, são poucas as informações acerca das respostas à adubação com molibdênio nestes dois sistemas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de molibdênio na cultura do feijoeiro nos sistemas de plantio direto e convencional, sobre a produtividade de grãos, os componentes de produção e também os teores de nutrientes nas folhas e nos grãos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O molibdênio no solo

O molibdênio é o nutriente menos abundante nos solos brasileiros (MALAVOTA, 1980). Esta disponibilidade pode diminuir muito principalmente quando os cultivos se tornam intensivos, havendo esgotamento deste nutriente sem a devida reposição por meio de fertilizantes (DALLAPAI, 1996).

O conteúdo deste elemento no solo varia com o tipo de solo. Em solos adubados com molibdênio, a concentração do nutriente poderá atingir cerca de 100 mg kg⁻¹, variando de 10 a 100 mg kg⁻¹ (MARTINÉZ *et al.*, 1996). Em solo não adubado, estes autores determinaram concentrações de molibdênio variando de 1 a 5,0 mg kg⁻¹.

No solo, o molibdênio pode ser encontrado em quatro formas distintas: molibdênio indisponível adsorvido a cristais de minerais primários e secundários; condicionalmente adsorvido a cristais de argila, como o ânion molibdato (MoO₄²⁻); molibdênio adsorvido à matéria orgânica; e disponível na solução do solo (DECHEN *et al.*, 2006). Na solução do solo, ele é normalmente encontrado na forma de MoO₄²⁻ e, em menor quantidade, como ácido molíbdico (H₂MoO₄) (COELHO *et al.*, 2000).

O ânion molibdato, quando na solução do solo, pode ser adsorvido pela fração mineral, principalmente por óxidos de ferro e alumínio e pela matéria orgânica. COELHO *et al.* (2000), estudando a adsorção de molibdênio em quatro tipos de solo, observaram que a adsorção deste elemento está diretamente correlacionada com o teor de argila e matéria orgânica do solo.

O pH do solo tem sido destacado como um dos fatores de maior importância na disponibilidade deste micronutriente. Com a elevação do pH do solo, a solubilidade do molibdênio aumenta, elevando assim sua concentração na solução do solo. Quando o pH é elevado, o ânion MoO_4^{2-} fixado é deslocado dos sítios de troca pelas hidroxilas presente no solo (MALAVOTA, 1980).

O molibdênio é absorvido na forma de molibdato (MoO_4^{2-}), presente na solução do solo, via fluxo de massa (GUPTA & LIPSETT, 1981). Ainda não está perfeitamente elucidada a forma pela qual o molibdênio é transportado no xilema: como íon molibdato ou complexado com compostos orgânicos como aminoácidos, açúcares ou compostos orgânicos polihidroxilados.

A visualização dos sintomas de toxicidade na planta é rara, mesmo em condições de absorção do nutriente em doses elevadas, podendo o MoO_4^{2-} ser absorvido pelas plantas sem efeitos tóxicos. O MoO_4^{2-} é um ácido fraco que pode formar complexos polianiônicos com o P, como o fosfomolibdato, de modo que possivelmente altas concentrações sejam complexados sob esta forma na planta (DECHEN *et al.*, 2006).

2.2. O molibdênio na planta

O molibdênio participa diretamente do metabolismo do nitrogênio na planta, através das enzimas nitrogenase e nitrato redutase. A exigência deste nutriente pelas plantas é bastante pequena, a quantidade exigida é a menor entre todos os micronutrientes necessários para o crescimento normal das plantas (ZIMMER & MENDEL, 1999), a exceção do níquel (MARSCHNER, 1995).

Contudo, em espécies leguminosas em que ocorre a fixação biológica de N_2 atmosférico, a quantidade de molibdênio requerida é maior, pois ele tem efeito direto sobre a fixação simbiótica do nitrogênio, atuando como co-fator da enzima nitrogenase e também da nitrato redutase que reduz o nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-). Este processo constitui a primeira etapa da incorporação do nitrogênio às proteínas (MARSCHNER, 1995).

A redução do N_2 atmosférico a amônia (NH_3) ocorre pelo processo de fixação simbiótica. Esse processo é realizado pela enzima nitrogenase, a qual se constitui de

dois componentes distintos contendo íons de Mo e Fe (SALYSBURY *et al.*, 1991). O componente I é uma proteína com quatro subunidades, 24 átomos de Fe e um pequeno co-fator com dois átomos de Mo. O componente II possui duas subunidades com quatro átomos de Fe (WINTER & BURRIS, 1976). Esta função do Mo sugere que as plantas dependentes de simbiose, quando sujeitas à deficiência deste micronutriente, ficam carentes de nitrogênio e desenvolvem sintomas característicos de sua deficiência (BRODRICK & GILLER, 1991). Por outro lado, a nitrogenase é instável e rapidamente inativada pela exposição ao oxigênio atmosférico ou por ação inibitória do NO^3^- . Assim, antes de iniciar o processo de fixação biológica do nitrogênio, ocorre a produção de leghemoglobina que está associada ao transporte de oxigênio para a respiração dos bacteróides presentes nos nódulos, não permitindo a presença de oxigênio livre, o que afetaria o funcionamento da nitrogenase (YATES, 1980).

A nitrato redutase é uma enzima dimérica com três grupos prostéticos de transferência de elétrons, composta pelas subunidades flavina, heme, e molibdênio (MARSCHNER, 1995). Em condições de deficiência de Mo, a atividade dessa enzima é muito reduzida, acumulando nitrato na planta (MARSCHNER, 1995). Plantas nutridas com amônio apresentam menor demanda de molibdênio quando comparadas com as nutridas com nitrato. Quanto o nível de nitrato aumenta na planta e há adequada disponibilidade de molibdênio, ocorre a indução da síntese da redutase do nitrato, havendo aumento na concentração de molibdênio, devido à sua participação na enzima (GUPTA & LIPSETT, 1981).

Outras funções do molibdênio na planta estão relacionadas à formação do pólen e à síntese protéica, e as enzimas xantina desidrogenase, oxidase do sulfito contêm molibdênio em suas estruturas (MARTINÉZ *et al.*, 1996).

A concentração do molibdênio na planta é bastante variável, sendo comumente encontrada na faixa de 0,1 a 10 mg kg^{-1} de Mo (MARTINÉZ *et al.*, 1996). Os níveis críticos determinados para o feijoeiro variam na literatura. PESSOA (1998) considera plantas de feijoeiro deficientes em molibdênio as que apresentaram teores foliares inferiores a 0,6 mg kg^{-1} . OLIVEIRA & THUNG (1998), considera a faixa adequada para o desenvolvimento da cultura variando de 0,4 a 1,4 mg kg^{-1} .

JACOB-NETO & FRANCO (1986) determinaram, em casa de vegetação, que o nível crítico de Mo nas sementes para suprir a necessidade da planta foi de 3,51 μg

de Mo semente⁻¹, quantidade suficiente para as plantas de feijão se desenvolverem sem adubação complementar. Mas esta concentração de Mo na semente para suprir a planta resultante pode variar em função do tamanho da semente. LEITE (2004) encontrou valores para o cultivar Novo Jalo, sementes grandes, e para a cultivar Meia Noite, sementes pequenas, de 5,58 e 3,97 $\mu\text{g semente}^{-1}$ de Mo, respectivamente.

2.3. Adubação com molibdênio

As repostas à adubação com molibdênio são bastante variáveis quando em condições de campo, mas, na maioria das vezes, ela é benéfica ao rendimento das leguminosas (FRANCO & DAY, 1980), devendo também estar, provavelmente, relacionada com os níveis de disponibilidade de Mo no solo ou em concentrações na semente.

A maioria dos ensaios de adubação com molibdênio, na Zona da Mata de Minas Gerais, tem levado a aumentos de até 200% na produtividade do feijoeiro (VIEIRA et al., 1992; AMANE et al., 1999; PESSOA et al., 2000), o que evidencia a importância deste nutriente no manejo de adubação desta leguminosa.

BERGER *et al.* (1996) verificaram que o Mo aplicado via foliar na dosagem de 78 g ha⁻¹ proporcionou um aumento na produtividade de 163% quando comparado com a testemunha. PESSOA *et al.* (2000) relatam que a produção de grãos apresentou resposta quadrática à adubação com o Mo aplicado aos vinte e cinco dias após a emergência, sendo a dose de 80,3 g ha⁻¹ a que proporcionou rendimentos máximos.

FERREIRA (2001) também verificou aumento da produtividade do feijoeiro em resposta à aplicação foliar de molibdênio, obtendo a dose estimada de 83,9 g ha⁻¹, aumento de 41% na produtividade de grão, em relação ao tratamento sem Mo.

LEITE *et al.* (2007), estudando doses elevadas de molibdênio de até 2,5 kg ha⁻¹ na cultura do feijão aplicados via foliar e de forma parcelada, observaram que mesmo nas menores doses houve incrementos significativos na produtividade da cultura, atingindo o rendimento de grãos máximo na dose de 225 g ha⁻¹ de Mo, e mesmo em doses elevadas de Mo, não foram observados efeitos tóxicos visíveis à cultura.

Os resultados de alguns trabalhos com adubação molíbdica mostraram que nem sempre são obtidas respostas à sua aplicação no feijoeiro. NASCIMENTO *et al.* (2004), aplicando 80 g ha⁻¹ de Mo aos 30 DAE na cultivar IAC Carioca Eté, não observaram efeito desta dose nos componentes de produção. Resultados semelhantes foram encontrados por VIEIRA *et al.* (2000). Esta não resposta à adubação foliar com molibdênio pode estar associada aos níveis deste micronutriente no solo, capazes de suprir as necessidades da cultura ou então as sementes utilizadas terem conteúdo de Mo suficiente para suprir a necessidade da planta.

No que concerne à concentração de nutrientes nas folhas e nos grãos em resposta à adubação com molibdênio, PESSOA *et al.* (2000) observaram acréscimos nos níveis de nitrogênio e molibdênio, não havendo aumentos nos teores de P e Cu nas folhas, nem para os de P, Ca, Mg e Mn nos grãos, mas verificaram resposta quadrática negativa na concentração dos nutrientes K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn, nas folhas, e de K, Fe, Zn e Cu, nos grãos, com a aplicação de doses crescentes de molibdênio.

MARCONDES *et al.* (2005), tratando sementes de soja com molibdênio, observaram que este tratamento diminui a concentração de Fe nas plantas originadas desta semente, quando comparadas com as sementes não tratadas. Estes autores atribuem o fato a distúrbios no metabolismo do ferro na planta, em decorrência de relação antagônica entre Mo e Fe.

2.4. Sistemas de plantio

Os sistemas de manejo do solo afetam suas características físicas e químicas, interferindo assim no desenvolvimento e na produtividade das culturas. O sistema de plantio convencional se caracteriza pelo revolvimento do solo através da aração e gradagem, o que leva a uma pulverização da camada arável do solo e a uma compactação da camada subsuperficial (FREITAS, 1992).

Já o sistema de plantio direto fundamenta-se no não-revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas, podendo promover acréscimo na produtividade de grãos das culturas (SALTON *et al.*, 1998).

O sistema de plantio direto tem sido uma das melhores alternativas para manutenção da sustentabilidade dos recursos na utilização agrícola dos solos. A manutenção de cobertura vegetal e a palha na superfície protegem o solo contra o aquecimento excessivo e a perda de água, modificando vários processos físicos, químicos e biológicos (SILVA *et al.*, 2006).

A cobertura do solo no plantio direto reduz a perda de água no solo por evaporação, e esta manutenção da umidade no solo é muito importante para o feijoeiro, pois ele é sensível a déficit hídrico, isto devido à sua baixa capacidade de recuperação a estiagens e a seu sistema radicular pouco profundo (GUIMARÃES, 1996).

STONE *et al.* (2000), estudando sistemas de preparo de solo e diferentes lâminas de irrigação na cultura do feijão, observaram que o sistema de plantio direto com adequada cobertura proporcionou uma economia de água de 14%, quando comparado ao preparo com grade, atribuindo isto ao fato de a palhada atuar na primeira fase do processo de evaporação da água do solo, reduzindo a taxa de evaporação diária em razão da reflexão da energia radiante.

A dinâmica dos nutrientes no solo é alterada na semeadura direta, havendo uma tendência, na superfície, de acúmulo de nutrientes, como P, K, Ca, Mg e Mn, mais do que no preparo convencional (SILVA *et al.*, 2002). Isto ocorre porque no plantio convencional há incorporação de restos culturais promovendo melhor distribuição desses nutrientes na camada arável do solo. Esses autores observaram que, na estrutura do solo, principalmente no que se refere à agregação de partículas, no sistema de plantio direto, devido à menor movimentação do solo, há formação de agregados com maior diâmetro, o que proporciona melhor condição estrutural.

No plantio direto, a taxa de mineralização da matéria orgânica é mais lenta, comparada ao sistema convencional por causa da incorporação dos resíduos, o que tem provocado maior demanda de nitrogênio, principalmente no início da implantação do sistema (SORATTO *et al.*, 2001). A taxa de mineralização da palhada depende da relação C:N do material que a constitui.

O sistema de plantio direto tem proporcionado aumento na produtividade das culturas. URCHEI (1996), comparando os sistemas de plantio direto e convencional na cultura do feijão, observou maior produção de grãos nas plantas cultivadas em plantio direto. Resultados semelhantes foram encontrados por ARAÚJO (2005), que, comparando os dois sistemas durante dois anos consecutivos na época de plantio de

inverno, observou que o plantio direto apresentou produtividade superior ao convencional.

SILVA *et al.* (2004), comparando o plantio direto, cultivo mínimo e convencional, em três anos consecutivos, não observaram diferença entre estes sistemas para a produtividade de grãos de feijão na época de plantio do inverno.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Coimbra, Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são 20°50'30" de latitude sul e 42°48'30" longitude oeste, com altitude de 715 metros. Os experimentos foram instalados em um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises do solo amostrado na camada de 0-20 cm, para os diferentes experimentos e sistemas de cultivo.

O primeiro experimento foi conduzido no período de inverno-primavera (época de inverno), com semeadura em julho de 2006, e o segundo no período de verão-outono (época da seca), sendo a semeadura realizada em março de 2007. A área de plantio direto do primeiro experimento estava sob este manejo a mais de dez anos, sendo no verão cultivado com a cultura do milho e no inverno o feijão. No experimento da seca a área de plantio direto vem sendo cultivada neste sistema pelo menos quatro anos, também com a sucessão milho-feijão.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso, com quatro de repetições, no esquema de parcela subdivididas. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de plantio (direto e convencional) e as subparcelas, pelos níveis de Mo (0, 40, 80, 160, 320g ha⁻¹).

As subparcelas foram formadas por cinco linhas de 5m de comprimento, espaçadas 0,5m entre si. A área útil, com 6 m², foi formada por três linhas centrais, excluindo-se 0,50m de cada extremidade. Foram distribuídas 15 sementes por metro de sulco.

Tabela 1 – Características químicas do solo na camada de 0-20 cm de profundidade.

Características	Época do inverno de 2006				Época da seca de 2007			
	Plantio Direto		Plantio Convencional		Plantio Direto		Plantio Convencional	
Matéria Orgânica (dag/kg)	2,15	Médio ¹	1,34	Baixo ¹	1,4	Baixo ¹	1,2	Baixo ¹
pH em água (1:2,5)	5,0	Acidez elevada ¹	4,8	Acidez elevada ¹	5,2	Acidez média ¹	4,9	Acidez elevada ¹
P (mg/dm ³) ^{2/}	11,8	Baixo ¹	9,2	Muito baixo ¹	1,3	Muito baixo ¹	0,9	Muito baixo ¹
K (mg/dm ³) ^{2/}	54	Médio ¹	52	Médio ¹	40	Baixo ¹	22	Baixo ¹
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	0,3	Baixo ¹	0,2	Muito Baixo	0,6	Médio ¹	1,0	Médio ¹
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	1,5	Médio ¹	1,0	Baixo ¹	0,8	Baixo ¹	0,2	Muito baixo ¹
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,5	Baixo ¹	0,3	Baixo ¹	0,4	Baixo ¹	0,2	Baixo ¹
Zn (mg/dm ³)	4,8	Alto ¹	2,4	Alto ¹	3,0	Alto ¹	2,5	Alto ¹
Fe (mg/dm ³)	33,8	Bom ¹	38,8	Bom ¹	122,4	Alto ¹	135,7	Alto ¹
Mn (mg/dm ³)	22,8	Alto ¹	24,1	Alto ¹	19,7	Alto ¹	24,9	Alto ¹
Cu (mg/dm ³)	1,3	Bom ¹	1,5	Bom ¹	0,8	Médio ¹	1,3	Bom ¹
B (mg/dm ³)	0,50	Médio ¹	0,58	Médio ¹	0,12	Muito Baixo ¹	0,58	Médio ¹
H + Al ⁺ (cmol _c /dm ³)	3,63	Médio ¹	3,47	Médio ¹	7,59	Alta ¹	6,93	Alta ¹
SB ⁺ (cmol _c /dm ³)	2,14	Médio ¹	1,43	Baixo ¹	1,30	Baixo ¹	0,46	Muito baixo ¹
V (%)	37	Baixo ¹	29	Baixo ¹	15	Muito Baixo ¹	6	Muito Baixo ¹
m (%)	12	Muito Baixo ¹	12	Muito Baixo ¹	32	Médio ¹	68	Alta ¹
CTC efetiva (cmol _c /dm ³)	2,44	Médio ¹	1,63	Baixo ¹	1,90	Baixo ¹	1,46	Baixo ¹
CTC total (cmol _c /dm ³)	5,77	Médio ¹	4,90	Médio ¹	8,89	Bom ¹	7,39	Médio ¹
P-rem	31,2		36,8		16,6		14,8	

¹ ALVAREZ *et al.* (1999)

O Mo foi aplicado via foliar aos 25 dias após a emergência das plantas, utilizando um pulverizador costal, com bico tipo cone e válvula reguladora de pressão, e o volume de pulverização de 180 L ha⁻¹.

A cultivar utilizada foi a Ouro Vermelho, de crescimento indeterminado (planta do tipo II), porte semi-ereto e ciclo de 80 a 90 dias, grupo comercial vermelho (CARNEIRO *et al.*, 2005).

A adubação de plantio se constituiu de 350 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 no sulco de plantio. Não foi realizada adubação em cobertura com nitrogênio. Utilizou-se como fonte de molibdênio, o molibdato de sódio (39% de Mo).

Na área sob plantio direto, realizou-se a dessecação do material vegetal da área com aplicação do herbicida glyphosate (1,44 i.a. ha⁻¹), dez dias antes da semeadura. O preparo do solo no plantio convencional constituiu-se de uma aração e duas gradagens.

Foram feitos os tratamentos fitossanitários necessários para manter a cultura livre de pragas e doenças durante todo o ciclo, utilizando produtos químicos que não continham molibdênio em suas formulações. Quando necessário foi realizada irrigação por aspersão nos experimentos.

As temperaturas médias de Viçosa, nas diferentes épocas de plantio, estão apresentadas na Figura 1, Não se tem estas observações para Coimbra, porém pode-se admitir que estas não devam ser muito diferentes das de Viçosa, cidade distancia em linha reta, cerca de 10 km de Coimbra.

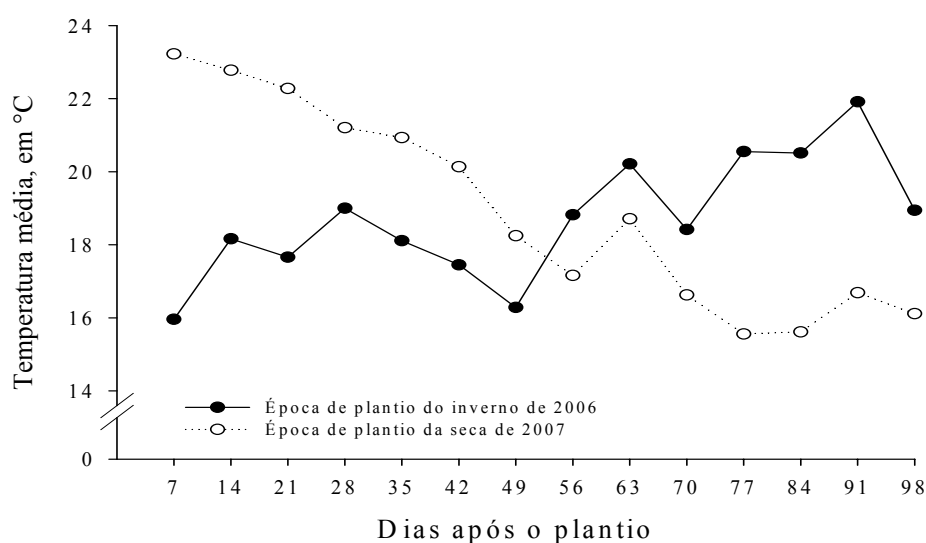


Figura 1 – Temperaturas médias semanais, durante o período de verão-outono (março a junho) e inverno-primavera (julho-outubro).

Na ocasião da colheita determinou-se nos dois experimentos: estande final, foi realizada a contagem das plantas nos 6 m² da subparcela útil; o número de vagens por área, foi realizada a contagem de todas as vagens contidas nos 6 m² da subparcela útil; o número de grãos vagem⁻¹, foram contados os grãos e o total dividido pelo número de vagens das plantas existentes nos 6 m² da subparcela útil; a massa de 100 grãos, foi obtida dividindo-se a massa de grãos da subparcela útil pelo número total de grãos da subparcela útil, multiplicado por 100; e a produtividade (kg ha⁻¹), foi determinada a partir do peso dos grãos colhidos das plantas da subparcela útil e transformado para kg ha⁻¹.

O conteúdo de clorofila na folha, medido por meio do clorofilômetro, medidor do índice SPAD (Soil Plant Analyse Development), que mede a tonalidade verde da folha, que está relacionada a seu conteúdo de clorofila. . A leitura foi realizada em pleno florescimento da cultura, utilizando a terceira folha completamente desenvolvida, a partir do ápice. Foram realizadas três leituras por folíolo em dez folhas, tomadas aleatoriamente na subparcela útil. As folhas utilizadas para a leitura do índice SPAD foram destacadas e acondicionadas em sacos de papel e levadas a uma estufa de ventilação forçada a 72°C, até atingir peso constante, sendo posteriormente moídas. Amostras de grãos de cada subparcela, foram moídas e homogeneizadas para serem usadas nas determinações dos nutrientes.

Para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn, foi usado 1,0 g do material vegetal para a digestão nítrico-perclórica (TEDESCO *et al.*, 1985). Os teores de Ca, Mg, Zn, Cu e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o K por fotometria de chama; o P em espectrofotômetro, pelo método da vitamina C, modificado por BRAGA & DEFELIPO (1974); e o S por espectrofotometria. Para análise do molibdênio, foi utilizado o método do iodeto de potássio de acordo com metodologia descrita por YATSIMIRSKII (1964), modificada por FUGE (1970), EIVAZI *et al.* (1982), DALLPAI (1996) e PESSOA (1998). O teor de N-orgânico foi determinado pelo método do reagente de Nessler (JACKSON, 1958). O de N total foi determinado pelo método de Kjeldahl (BREMNER *et al.*, 1982).

Os dados referentes às características avaliadas foram submetidos à análise de variância conjunta dos experimentos, utilizando-se o programa estatístico SAEG (SAEG, 2007). As médias dos fatores qualitativos (épocas e sistemas de plantio) foram comparadas utilizando-se os testes de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (doses de molibdênio), procedeu à análise de

regressão, sendo que os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes da regressão, utilizando-se o teste t, adotando-se o nível de 5% probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = S.Q.Regressão/S.Q.Tratamento$) e no fenômeno biológico em estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade de grãos e componentes de produção

O resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos aos componentes de produção, produtividades de grãos e estande final de plantas, referentes às épocas de plantio do inverno de 2006 e da seca de 2007 em Coimbra é apresentado na Tabela 2. Observa-se pelos baixos coeficientes de variação (CV %) que os experimentos apresentaram boa precisão experimental, estes variaram de 5,55 a 16,04% nas parcelas e 3,75 a 9,50% nas subparcelas.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância conjunta dos dados de número de vagens por m² (NV), número de grãos por vagem (NG), massa de 100 grãos (MA, em g), produtividade (PROD, em kg ha⁻¹) e estande final (EST), nos experimentos do inverno de 2006 e da seca de 2007, Coimbra, MG.

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO				
		NV	NG	MA	PROD	EST
REP/ÉPOCA	6	120,06	0,10	1,03	68022,93	2383,84
ÉPOCA	1	57566,45**	4,76**	4,61*	52511647**	243,87 ^{ns}
SIST.	1	1097,67 ^{ns}	1,21**	0,40 ^{ns}	606114,60*	192,20**
ÉPOCA x SIST.	1	991,70 ^{ns}	0,527*	3,08*	47154,19 ^{ns}	1462,05*
ERRO (A)	6	651,93	0,090	0,76	103732,50	154,68
DOSE	4	1212,63**	0,077 ^{ns}	1,82 ^{ns}	317537,40**	220,45 ^{ns}
ÉPOCA x DOSE	4	63,71 ^{ns}	0,084 ^{ns}	0,55 ^{ns}	17265,50 ^{ns}	42,10 ^{ns}
SIST x DOSE	4	167,95 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,71 ^{ns}	27023,85 ^{ns}	72,33 ^{ns}
ÉPOCA x SIST x DOSE	4	74,36 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,24 ^{ns}	14851,05 ^{ns}	296,70 ^{ns}
RESÍDUO	48	116,69	0,054	0,71	36443,94	126,85
CV (%) da parcela	-	15,50	5,55	3,87	16,04	8,81
CV (%) da subparcela	-	6,56	4,31	3,75	9,50	7,98

* F significativo a 5%; ** F significativo a 1%; ^{ns}F não-significativo a 5% de probabilidade.

O número máximo de vagens por área foi influenciado pelas doses de Mo (Figura 2), sendo que o máximo de vagens (170 vagens por m²) foi obtida com a dose estimada de 181 g ha⁻¹ de Mo, com esta dose houve um incremento de 17% em relação à testemunha. Este aumento no número de vagens promovido pela aplicação do molibdênio é relatado por alguns autores como FERREIRA (2001), PIRES *et al.* (2004) e LEITE *et al.* (2007).

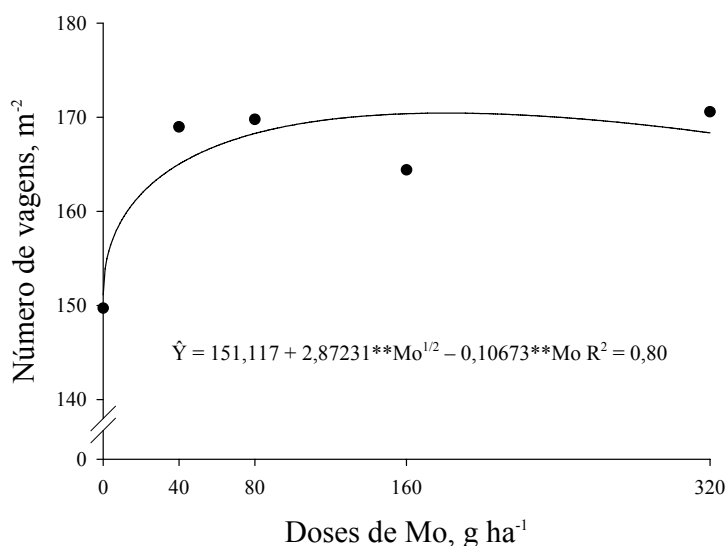


Figura 2 - Número de vagens por m², em função das doses de molibdênio.

Para os demais componentes de produção, massa de 100 grãos e no número de grãos por vagem, não foi observado efeito de doses de Mo, embora haja relatos na literatura da influência positiva da adubação molíbdica sobre a massa de 100 grãos e o número de grãos por vagem. PESSOA (1998) observou que os componentes de produção, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos apresentaram resposta quadrática à adubação com molibdênio, atingindo o máximo na dose estimada em 80 g ha⁻¹ de Mo, e o componente de produção que teve maior influência na produtividade foi o número de vagens por planta. PIRES *et al.* (2004), aplicando 80 g ha⁻¹ de Mo, observaram um incremento de 9,15% na massa de 100 grãos.

O aumento no número de vagens, conseqüentemente, levou a um aumento na produtividade de grãos da cultura, que também foi influenciada pelas doses de Mo, sendo a produtividade máxima de 2106 kg ha⁻¹, obtida na dose estimada de 242 g ha⁻¹ de Mo, esta promoveu um incremento de 19,8 % em relação à testemunha (Figura 3).

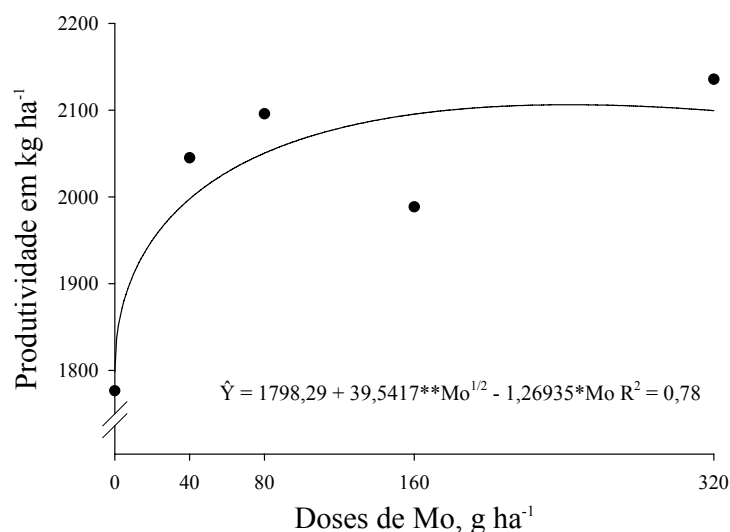


Figura 3 – Produtividade de grãos em kg ha⁻¹, em função das doses de molibdênio.

Os incrementos obtidos nos componentes de produção em resposta à aplicação de molibdênio estão relacionados provavelmente a seu efeito benéfico sobre a fixação do N₂ atmosférico e assimilação do N nítrico na planta, melhorando assim a nutrição nitrogenada da planta.

Quanto ao efeito dos sistemas de plantio sobre os componentes de produção, o número de grão por vagem no plantio direto apresentou média maior em relação ao convencional na época da seca, não foi observado diferença na massa de 100 grãos entre os sistemas de cultivo (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias do número de grãos por vagem (NG), massa de 100 grãos (MA) e estande final (EST), nas épocas de plantio do inverno de 2006 e seca de 2007, nos sistemas de plantio convencional (PC) e direto (PD), Coimbra – MG.

Sistemas Épocas	NG		MA		EST	
	PC	PD	PC	PD	PC	PD
Inverno	5,62 A a	5,71 A a	23,07 A a	22,54 A a	150,15 A a	138,50 A b
Seca	4,97 B b	5,38 B a	22,20 B a	22,45 A a	140,60 A a	135,15 A a

Médias seguidas de uma mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade de grãos no sistema de plantio direto foi superior ao plantio convencional (Tabela 4).

Tabelas 4 – Médias da produtividade de grãos (kg ha⁻¹) no plantio direto e no convencional, Coimbra – MG.

Sistemas de plantio	Produtividade, kg ha ⁻¹
Convencional	1921,17 B
Direto	2095,26 A

Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que, no sistema de plantio direto, o número de grãos por vagem apresentou maiores médias na época de plantio da seca (Tabela 3), contribuindo assim para uma maior produtividade neste sistema.

Esta maior produtividade de grão de feijão corrobora os de URCHEI (1996) que obteve rendimento de grãos superior no plantio direto, atribuindo isto ao fato de que neste sistema há uma melhoria da estrutura do solo, maior disponibilidade de água e nutrientes e menor infestação de plantas daninhas. Já SILVA *et al.* (2004), comparando os sistemas de plantio cultivo mínimo, plantio direto e convencional, não observaram diferença entre os três sistemas na produtividade de grãos na cultura do feijoeiro.

No sistema de plantio convencional o estande final, na época de inverno foi maior que o plantio direto (Tabela 4), esta redução no estande no plantio direto pode está relacionada à proximidade do adubo que pode ter entrado em contato com a semente, devido ao um espelhamento causado pelo disco de corte, ou mesmos as sementes terem ficado desprotegidas durante a operação de plantio, contribuindo assim para a redução do estande.

Para as épocas de plantio o cultivo de inverno apresentou maiores médias a época da seca, para o número de vagem por m², em ambos os sistemas de cultivo, assim como massa de 100 grãos no cultivo plantio convencional foi maior no inverno (Tabela 3).

O número de vagem por m² e produtividade de grãos também foram superiores no inverno (Tabela 5). Esta maior produtividade no inverno pode ser explicada pelo fato de que nesta época apresentou temperaturas mais amenas, principalmente no início do desenvolvimento da cultura Figura 1, havendo com isso um prolongamento do ciclo da cultura. A colheita na época da seca foi realizada aos 83 dias após o plantio, já no inverno, esta foi feita aos 95 dias após o plantio. Também no cultivo da seca, embora não tenha sido objetivo deste trabalho, observou

que a severidade da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) foi maior, contribuindo assim para esta menor produtividade nesta época de plantio.

Tabela 5 – Média do número de vagens por m² (NV) e produtividade em kg ha⁻¹ (PROD) nas épocas de plantio do inverno de 2006 e seca de 2007, Coimbra – MG.

Épocas	NV	PRO
Inverno	191,50 A	2264,43 A
Seca	137,85 B	1752,00 B

Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente pelo teste F a 1% de probabilidade.

4.2. Teores foliares de molibdênio e nitrogênio e índice SPAD

O resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos aos teores de molibdênio e nitrogênio (orgânico e total) e o índice SPAD, referentes às épocas de plantio do inverno de 2006 e da seca de 2007 em Coimbra é apresentado na Tabela 2. Os experimentos apresentaram boa precisão experimental, observado pelos baixos coeficientes de variação (CV%), para os teores de nitrogênio e o índice SPAD.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância conjunta dos teores foliares de Mo, N total, N orgânico e índice SPAD nos experimentos do inverno de 2006 e da seca de 2007, Coimbra, MG.

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO			
		Mo	N total	N orgânico	SPAD
REP/ÉPOCA	6	0,119	1,25	4,95	5,51
ÉPOCA	1	17,74**	53,97**	0,26 ^{ns}	219,80**
SIST.	1	0,047 ^{ns}	116,40**	396,52**	28,63**
ÉPOCA x SIST.	1	3,55**	641,54**	34,09**	30,66**
ERRO (A)	6	0,032	3,92	3,52	1,35
DOSE	4	18,25**	147,98**	80,04**	81,50**
ÉPOCA x DOSE	4	1,73**	44,52**	18,30**	3,79 ^{ns}
SIST. x DOSE	4	0,16 ^{ns}	18,13*	11,27*	1,87 ^{ns}
ÉPOCA x SIST x DOSE	4	0,60**	16,90*	10,62 ^{ns}	4,87*
RESÍDUO	48	0,092	5,99	4,43	1,67
CV (%) da parcela	-	17,02	5,69	7,10	2,73
CV (%) da subparcela	-	26,87	7,04	7,95	3,07

* F significativo a 5%; ** F significativo a 1%; ^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade.

A interação entre sistemas de plantio x doses de molibdênio x épocas de plantio mostrou significativa para os teores foliares de Mo, N total e para o índice SPAD.

A adubação com molibdênio promoveu aumento linear nos teores foliares deste nutriente dentro do intervalo estudado (Figura 4).

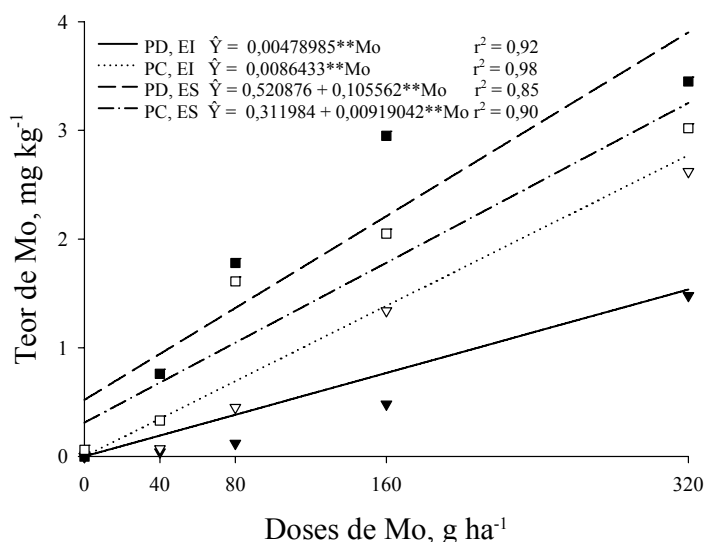


Figura 4 – Teor de Mo nas folhas do feijoeiro, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), nas épocas do inverno de 2006 (EI) e seca de 2007 (ES), em função de doses de molibdênio, Coimbra – MG.

Na época de plantio de inverno as doses de Mo não influenciaram os teores de N total, sendo os valores médios observados de 31,57 e 39,65 g kg⁻¹, para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente.

No experimento da seca, as doses de molibdênio promoveram o aumento dos teores foliares de N total, sendo os teores foliares máximos de N (39,34 e 35,46 g kg⁻¹) foram obtidos nas doses estimadas 146 e 156 g ha⁻¹ de Mo, no plantio convencional e direto, respectivamente (Figura 5).

É interessante observar que, independentemente do sistema de cultivo, os teores foliares de N total na ausência da aplicação de Mo estavam em 25 e 27 g kg⁻¹ nos sistemas de plantio direto e convencional, respectivamente. Para época de plantio da seca, estes valores estão abaixo da faixa de suficiência para o bom desenvolvimento da cultura do feijoeiro que é 30 – 35 g kg⁻¹ de N (MARTINEZ *et al.*, 1999). Mesmo a menor dose estudada, 40 g ha⁻¹ de Mo, foi capaz de elevar os teores de N total para faixa de suficiência da cultura.

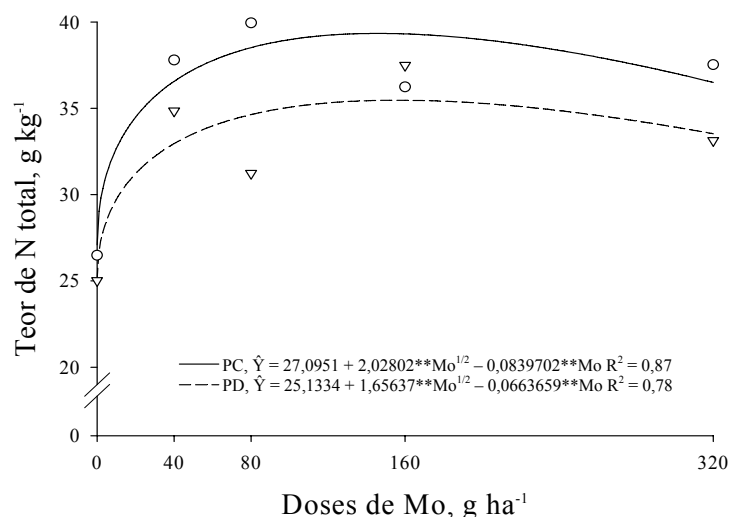


Figura 5 – Teor de N total nas folhas do feijoeiro, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), na época de plantio da seca de 2007, Coimbra – MG.

Alguns autores afirmam que a adubação molíbdica pode substituir a adubação em cobertura de N, como comprovam trabalho realizado por VIEIRA *et al.* (1992) que, aplicando 20 kg ha⁻¹ de N no plantio e 20 g ha⁻¹ de molibdênio aos 25 DAE, observaram não haver necessidade de aplicar N em cobertura.

Os teores foliares de N orgânico foram influenciados positivamente com as doses de Mo, tanto para épocas quanto para sistemas de plantio. Para as épocas de plantio, os teores máximos de N orgânico (28,36 e 28,78 g kg⁻¹) foram obtidos nas doses estimadas de 217 e 179 g ha⁻¹ de Mo, nas épocas de plantio do inverno e seca, respectivamente (Figura 6).

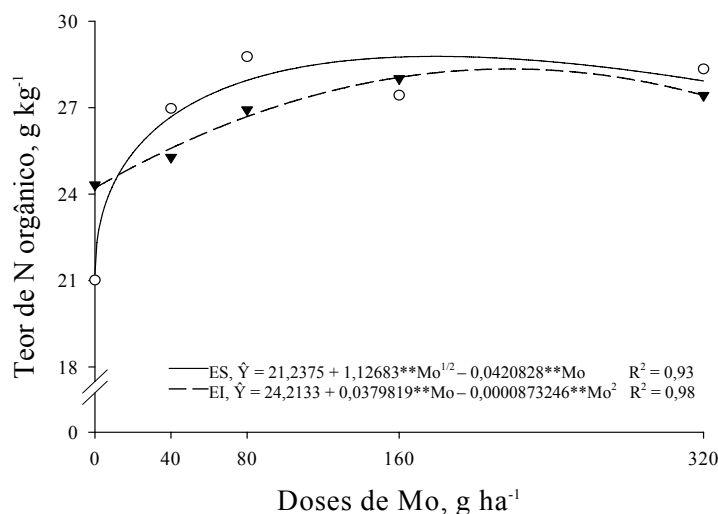


Figura 6 – Teor de N orgânico nas folhas do feijoeiro, em função de doses de molibdênio, nos plantios do inverno de 2006 (EI) e seca 2007 (ES), Coimbra – MG

Entre os sistemas de manejo do solo, pôde-se observar que o plantio direto apresentou teores de N orgânico, superiores ao convencional, os teores foliares máximos de N orgânico (25,44 e 30,84 g kg⁻¹) foram obtidos nas doses estimadas de 186 e 225 g ha⁻¹ de Mo, no plantio convencional e direto, respectivamente (Figura 7).

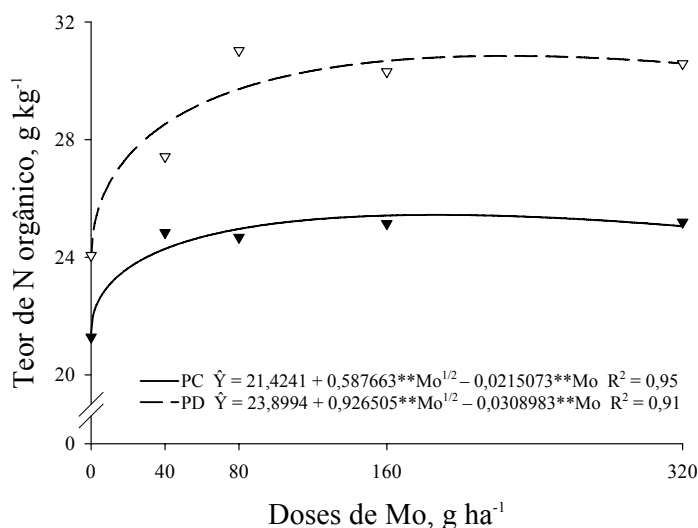


Figura 7 – Teor de N orgânico nas folhas do feijoeiro, em função de doses de molibdênio, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), Coimbra – MG

O aumento dos teores foliares de nitrogênio, tanto na forma orgânica quanto total, pode ser explicado pelo fato de o molibdênio estar diretamente relacionado com o metabolismo deste elemento, através das enzimas nitrogenase e nitrato redutase. Com o suprimento adequado de molibdênio, há melhoria da atividade destas enzimas, possibilitando assim o maior aproveitamento do nitrogênio (COELHO *et al.*, 1998; ZIMMER & MENDEL, 1999), contribuindo, deste modo, para o aumento da produtividade da cultura.

O índice SPAD apresentou variação na leitura entre as duas safras. Na época da seca, os valores das leituras foram superiores aos valores de leitura do inverno, tendo-se observado também que no sistema de plantio direto as leituras foram superiores nas duas safras (Figura 8). As leituras foram realizadas aos 48 e 44 dias após a emergência (DAE), na época de plantio do inverno e seca, respectivamente. Resultados na literatura corroboram esse efeito positivo da adubação molíbdica sobre o índice SPAD. FERREIRA (2001), em trabalho com a cultivar Meia Noite, observou que a adubação molíbdica promoveu incremento de 37% no índice SPAD.

Este autor observou também que o índice SPAD, utilizando o mesmo cultivar, apresenta uma variação das leituras de um ano para outro. PIRES (2003) também relata que tratamentos que receberam adubação molíbdica apresentaram índice SPAD cerca de 29% superior aos tratamentos que não receberam o micronutriente.

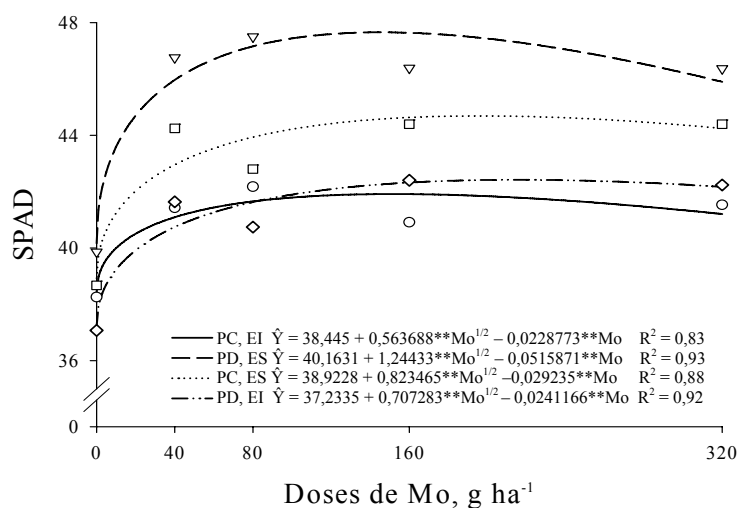


Figura 8 - Índice SPAD, em função de doses de molibdênio, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), nas épocas de inverno de 2006 (EI) e na seca de 2007 (ES), Coimbra – MG.

No sistema de plantio direto os teores de N (total e orgânico) foram superiores ao plantio convencional, a exceção do N total na época da seca (Tabela 7). Por ser uma área mais nova de implantação do sistema de plantio direto o segundo experimento (época da seca) apresenta um menor teor de matéria orgânica no solo (Tabela 1) em relação ao cultivo do inverno, este fato pode ter contribuído para o menor teor de N total no plantio direto na época da seca.

Tabela 7 – Médias dos teores foliares de Mo ($mg\ kg^{-1}$), N total e N orgânico ($g\ kg^{-1}$) e do índice SPAD, nas épocas de inverno de 2006 e seca de 2007, nos sistemas de plantio convencional (PC) e direto (PD), Coimbra – MG.

Sistemas Épocas	Mo		N total		N orgânico		SPAD	
	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD
Inverno	0,89 B a	0,42 B b	31,57 B b	39,65 A a	23,51 A b	29,27 A a	40,86 B a	40,81 B a
Seca	1,41 A b	1,78 A a	35,60 A a	32,34 B b	24,83 A b	28,08 A a	42,93 A b	45,37 A a

Médias seguidas de uma mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Estes resultados corroboram com os de VIEIRA, (2006) que, estudando a marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro em sistemas de plantio direto e convencional, observou que os teores foliares de N no plantio direto foram superiores ao convencional.

No sistema de plantio direto, apesar de haver, inicialmente, uma imobilização do N pela palhada, com o passar dos anos de implantação os teores de matéria orgânica no solo vão crescendo. No plantio direto já consolidado, com mais de dez anos de implantação do sistema, a taxa de mineralização do N é maior que sua imobilização pela palhada, havendo elevada ciclagem dos nutrientes (ANGHINONI, 2007).

4.3. Teores de molibdênio e nitrogênio nos grãos

O resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos aos teores de molibdênio e nitrogênio (orgânico e total) nos grãos, referentes às épocas de plantio do inverno de 2006 e da seca de 2007 em Coimbra é apresentado na Tabela 8. Os experimentos apresentaram boa precisão experimental, observado pelos baixos coeficientes de variação, para os teores de molibdênio e nitrogênio.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância conjunta dos teores nos grãos de Mo, N total, N orgânico, nos experimentos do inverno de 2006 e da seca de 2007, Coimbra, MG.

F.V.	G.L	QUADRADO MÉDIO		
		Mo	N Total	N orgânico
REP/ÉPOCA	6	0,130	3,08	4,39
ÉPOCA	1	19,80**	99,11**	10,85*
SIST.	1	0,410 ^{ns}	121,79**	17,30**
ÉPOCA x SIST.	1	0,418*	76,05**	6,56 ^{ns}
ERRO (A)	6	0,103	6,13	2,21
DOSE	4	20,86**	70,40**	16,15**
ÉPOCA x DOSE	4	1,80**	3,82 ^{ns}	6,97*
SIST. x DOSE	4	0,126 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,741 ^{ns}
ÉPOCA x SIST x DOSE	4	0,064 ^{ns}	10,78*	2,87 ^{ns}
RESÍDUO	48	0,098	3,90	1,97
CV (%) da parcela	-	17,95	8,53	6,58
CV (%) da subparcela	-	17,53	6,81	6,21

* F significativo a 5%; ** F significativo a 1%; ^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade.

Os teores de Mo nos grãos aumentaram de forma quadrática em ambas as épocas de plantio, os teores máximos de Mo nos grãos foram atingidos nas doses de 170 e 351 g ha⁻¹ de Mo, para época da seca e inverno, respectivamente (Figura 9).

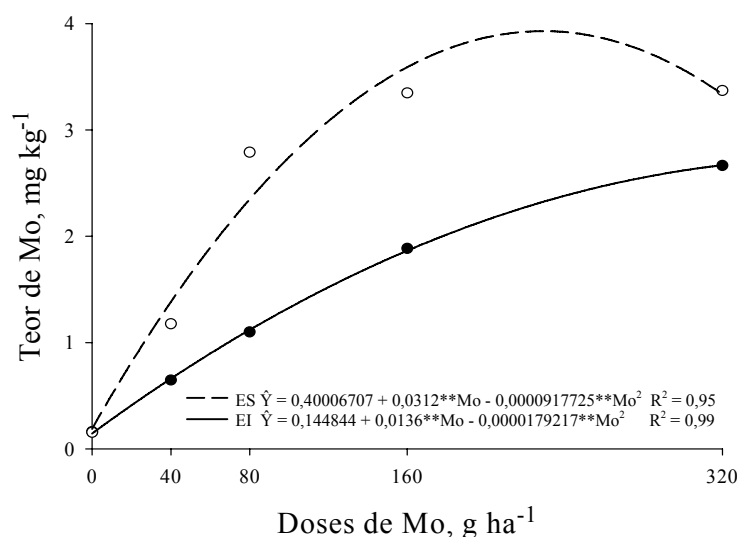


Figura 9 - Teor de molibdênio no grão de feijão em função de doses de molibdênio, na época de inverno (EI) e na época da seca (ES), Coimbra – MG.

Pode-se observar que no plantio da época do inverno, o ponto máximo estimado está fora do intervalo de estudo, sugerindo, assim, que nesta época de cultivo, houve resposta ao acúmulo de molibdênio no grão em doses de molibdênio mais elevadas (Figura 9). Segundo JACOB NETO (1985), esse aumento na concentração de Mo nas sementes evidencia a eficiência da translocação e a capacidade de as sementes armazenarem este micronutriente, o que é importante para garantir a nutrição de futuras plantas oriundas destas sementes.

O sistema de plantio direto, mesmo havendo maior imobilização inicial de N pela palhada, apresentou teores mais elevados de N total nos grãos que o convencional, em ambas as épocas de plantio (Figura 10). As doses estimadas de molibdênio que proporcionaram os máximos teores de N total (33,65 e 31,43 g kg⁻¹) no plantio direto foram de 96 e 209 g ha⁻¹ de Mo na época da seca e inverno, respectivamente; no plantio convencional, os teores de máximos N total (31,23 e 29,54 g kg⁻¹) foram estimados nas doses de 215 e 203 g ha⁻¹ de Mo na época da seca e inverno, respectivamente.

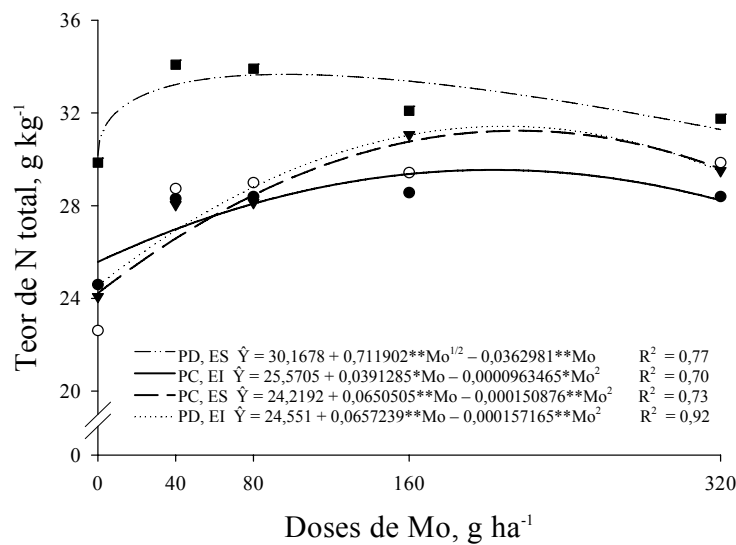


Figura 10 – Teor de N total em grãos de feijão em função de doses de molibdênio, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), nas épocas de inverno de 2006 (EI) e seca de 2007 (ES), Coimbra – MG.

Os teores de N orgânico apresentaram resposta quadrática à adubação molíbdica na época do inverno, sendo a dose que promoveu o máximo teor de N orgânico (23,31 g ha.⁻¹), foi de 171 g ha⁻¹ de Mo. Na época da seca o teor médio de N orgânico foi de 22,99 g kg⁻¹ (Figura 11).

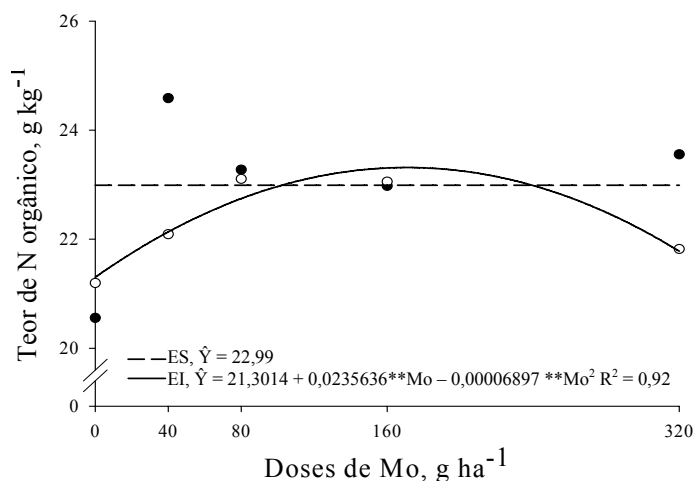


Figura 11 – Teor de N orgânico em grãos de feijão em função de doses de molibdênio, nas épocas de inverno de 2006 (EI) e seca de 2007 (ES), Coimbra – MG.

Este aumento nos teores de N (total e orgânico) nos grãos, em resposta à adubação molibídica, comprova que este nutriente favoreceu o metabolismo do nitrogênio na planta através das enzimas nitrogenase e nitrato redutase.

Quando se observa a concentração do N total nos grãos para a interação sistemas de plantio x épocas de plantio, no sistema de plantio direto ha uma maior concentração de nitrogênio (Tabela 9). Para os teores de N orgânico no plantio direto, as concentrações também foi superiores (Tabela 10).

Seguindo assim a mesma tendência do que foi observado para os teores foliares, as plantas que se desenvolveram em sistemas de plantio direto apresentaram teores de N superiores ao convencional.

Tabela 9 – Média dos teores nos grãos de Mo (mg kg^{-1}) e N total (g kg^{-1}) nos sistemas de plantio direto e convencional, nas épocas de inverno 2006 e seca de 2007, nos sistemas de plantio convencional (PC) e direto (PD), Coimbra – MG.

Épocas	Sistemas	Mo		N total	
		PC	PD	PC	PD
Inverno		1,29 B a	1,29 B a	27,64 B b	28,16 B a
Seca		2,14 A b	2,43 A a	27,92 A b	32,34 A a

Médias seguidas de uma mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste F a 1% de probabilidade.

Tabela 10 – Média do teor nos grãos de N orgânico (g kg^{-1}), nos sistemas de plantio convencional e direto, Coimbra – MG.

Sistemas de plantio	N orgânico
Convencional	22,16 B
Direto	23,09 A

Médias maiúsculas na coluna, seguidas pelas mesmas letras, não diferem significativamente pelo teste F a 5% de probabilidade.

Os teores de Mo e N (total e orgânico) foram superiores na época da seca independentemente do sistema de plantio (Tabela 9 e 11).

Tabela 11 – Média do teor nos grãos N orgânico (g kg^{-1}), nas épocas de inverno de 2006 e seca de 2007, Coimbra – MG.

Épocas de plantio	N orgânico
Inverno	22,26 B
Seca	22,99 A

Médias seguidas de uma mesma letra, maiúsculas na coluna, não diferem significativamente pelo teste F a 1% de probabilidade.

4.5. Teores foliares de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn

O resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos aos teores foliares de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn, referentes às épocas de plantio do inverno de 2006 e da seca de 2007 em Coimbra é apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Resumo da análise de variância conjunta dos teores dos nutrientes nas folhas, nos experimentos do inverno de 2006 e da seca 2007, Coimbra - MG.

F.V.	G.L	QUADRADO MÉDIO								
		Cu	Fe	Zn	Mn	Ca	S	Mg	K	P
REP/ÉPOCA	6	42,07	6995,27	81,04	113658,30	1,77	0,65	0,071	6,75	0,023
ÉPOCA	1	116,04*	327750,40**	9715,34**	9117394,00**	422,54**	7,19**	35,38 ^{ns}	5987,12**	2,02**
SIST.	1	569,51**	37599,62 ^{ns}	364,38**	173189,30 ^{ns}	3,60 ^{ns}	3,05**	0,68**	502,60**	2,93**
ÉPOCA x SIST.	1	408,38**	79597,50**	1346,15**	135116,30 ^{ns}	23,15**	0,123 ^{ns}	0,018**	151,25**	0,260 ^{ns}
ERRO (A)	6	25,84	9763,62	20,95	294259,50	1,26 ^{ns}	0,251	0,095	10,00	0,077
DOSE	4	30,34 ^{ns}	6127,98**	11,65 ^{ns}	48759,52 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,316 ^{ns}	0,059 ^{ns}	15,24*	0,049 ^{ns}
ÉPOCA x DOSE	4	45,58 ^{ns}	1221,75 ^{ns}	6,62 ^{ns}	40709,77 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,606 ^{ns}	0,081*	30,61**	0,073 ^{ns}
SIST. x DOSE	4	42,84 ^{ns}	3840,29*	18,34 ^{ns}	176281,70 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,436 ^{ns}	0,055 ^{ns}	3,20 ^{ns}	0,064 ^{ns}
ÉPOCA x SIST x DOSE	4	46,85 ^{ns}	714,20 ^{ns}	10,01 ^{ns}	156432,80 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,815 ^{ns}	0,048 ^{ns}	9,69 ^{ns}	0,021 ^{ns}
RESÍDUO	48	29,99	1271,78	14,95	91991,78	0,49 ^{ns}	0,641	0,031 ^{ns}	4,92	0,037
CV (%) da parcela	-	46,61	6,76	11,33	81,53	13,21	26,90	13,13	17,27	17,50
CV (%) da subparcela	-	50,22	24,40	9,57	45,58	8,30	42,96	7,06	12,13	12,20

* F significativo a 5%; ** F significativo a 1%; ^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade.

O teor foliar de K na época de inverno foi elevado com a adubação molíbdica, e a dose estimada que promoveu o máximo acúmulo de K foi de 102 g ha⁻¹ de Mo (Figura 13). O teor de Fe aumentou de forma quadrática em resposta à aplicação de molibdênio no plantio convencional, atingindo o máximo na dose de 191 g ha⁻¹ de Mo (Figura 14).

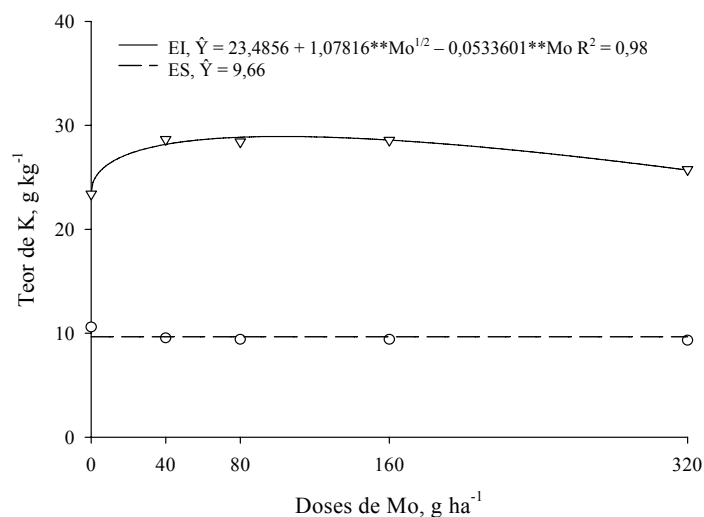


Figura 13 – Teor foliar de K em função de doses de molibdênio, nas épocas do inverno de 2006 (EI) e da seca de 2007 (ES), Coimbra – MG.

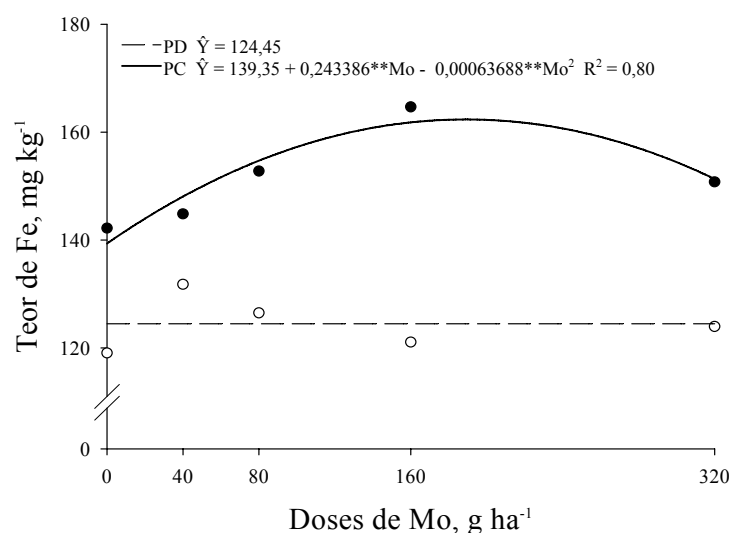


Figura 14 – Teor foliar de Fe em função de doses de molibdênio, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), Coimbra – MG.

O aumento dos teores foliares de K no inverno em função das doses de molibdênio é difícil explicar, pois este nutriente não participa diretamente junto com o Mo em nenhum composto na planta nem está presente em nenhuma enzima em que o Mo seja co-fator. Já os teores foliares de Fe e seu incremento no plantio direto em função das doses de molibdênio podem ser explicados pelo fato de este elemento ser constituinte da enzima nitrato redutase, na qual o molibdênio atua como co-fator. Além disso, o Fe na planta está presente no transporte de elétrons entre os fotossistemas e na síntese da clorofila (MARENCO *et al.* 2007). Como os teores de clorofila foram aumentados (Índice SPAD) pelas doses de molibdênio, ocorreu também uma maior demanda de ferro pela planta.

Para a interação épocas de plantio x doses para os teores de Mg, as doses de molibdênio não influenciaram o teor de Mg, sendo o teor médio de 2,97 e 1,64 g kg⁻¹ para as épocas do inverno e seca respectivamente.

Não houve efeito de doses de molibdênio para os teores foliares de P, S, Cu, Zn e Mn (Tabela 12). FERREIRA (2001) observou que os teores foliares de P, S, Ca, Mg e K apresentaram resposta quadrática positiva com o incremento das doses de molibdênio. Este autor atribuiu este aumento dos nutrientes em função do maior crescimento do feijoeiro promovido pelo molibdênio, induzindo assim as plantas a absorver uma maior quantidade dos nutrientes do solo.

Quando se analisa a interação época x sistemas de plantio, os teores de Fe, Zn, K, Ca e Mg na época de plantio inverno foram superiores aos teores da seca (Tabela 13). Para o efeito de épocas de plantio isoladamente, observa-se também que os teores de P e S foram superiores na época do inverno (Tabela 14). Os teores foliares de P, K e Ca podem ser explicados pelo fato de a concentração destes nutrientes no solo estar em menor concentração quantidade na época da seca (Tabela 1).

A concentração dos micronutrientes no solo encontrava-se adequada para o bom desenvolvimento da cultura, principalmente os teores de Zn, Fe, Mn e Cu, pois, nas condições dos experimentos, o pH estava em torno de 5, favorecendo assim a disponibilidade destes micronutrientes (Tabela 1). Apesar dos níveis adequados no solo, os teores foliares de Fe em ambas as épocas e sistemas de plantio (Tabela 13) se encontravam abaixo da faixa para o bom desenvolvimento da cultura, que é de 300-500 mg kg⁻¹. Os teores de Zn na época da seca também se encontravam abaixo da faixa de suficiência para cultura, que é de 45-55 mg kg⁻¹ (MARTINEZ *et al.* 1999).

Tabela 13 – Médias dos teores foliares de Cu, Fe e Zn (mg kg^{-1}), P, K e Ca (g kg^{-1}), nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), nas épocas de plantio do inverno de 2006 e seca de 2007, Coimbra – MG.

		Cu		Fe		Zn	
Sistemas Épocas	PC	PD	PC	PD	PC	PD	
	Inverno	7,18 B b	17,03 A a	263,36 A a	156,92 A b	57,66 A a	45,18 A b
Seca	9,29 A a	10,11 B a	72,26 B a	91,99 A a	27,41 B b	31,35 B a	
		K		Ca		Mg	
Sistemas Épocas	PC	PD	PC	PD	PC	PD	
	Inverno	23,07 A b	30,84 A a	11,11 A a	10,46 A b	3,04 A a	2,89 A a
Seca	8,52 B a	10,78 B a	5,44 B b	6,94 B a	1,74 B a	1,53 B a	

Médias seguidas de uma mesma letra, maiúsculas na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de Cu e K nos sistemas de plantio direto foram superiores aos teores do sistema de plantio convencional em ambas as épocas de plantio (Tabela 13). Os teores de K, mais elevados neste sistema, podem ser explicados por se tratar de nutriente altamente mineralizado pela palhada presente na superfície do solo, no plantio direto (BARTZ, 1998). Esse elemento pode ser facilmente extraído dos tecidos das plantas, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo, por se encontrar na forma iônica e não participar da constituição de compostos orgânicos estáveis no tecido vegetal.

Tabela 14 – Médias dos teores foliares de P e S (g kg^{-1}), nas épocas de plantio do inverno de 2006 e seca de 2007, Coimbra – MG.

Épocas	P	S
Inverno	1,75 A	2,16 A
Seca	1,43 B	1,56 B

Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quando se observa isoladamente o efeito de sistemas de cultivo os teores foliares de P e S, são maiores no sistema de plantio direto (Tabela 15). Neste sistema, ocorre acúmulo de P próximo à superfície do solo, em decorrência das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, devido a seu menor contato com os constituintes inorgânicos do solo, uma vez que não há revolvimento de solo no plantio direto

(SANTOS *et al.* 2003). Este acúmulo favorece a cultura do feijoeiro, que tem um sistema radicular pouco desenvolvido, concentrado na camada superficial do solo, refletindo, com isso, uma maior concentração foliar de P no feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto.

VIEIRA (2006), estudando a marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro para as cultivares Talismã e Ouro Negro, nos sistemas de direto e convencional, observou que no sistema de plantio direto os teores foliares de N, P, K e S se apresentaram superiores aos teores do plantio convencional. Esta autora não observou diferença para os teores de Ca e Mg.

Embora os valores de Mn estivessem muito elevados principalmente no plantio direto (Tabela 15), não foi observado visualmente nenhum sintoma de toxidez causada por este nutriente.

Tabela 15– Médias dos teores foliares de Mn (mg kg^{-1}), P e S (g kg^{-1}), nos sistemas de plantio direto e convencional, Coimbra – MG.

Sistemas	Mn	P	S
Convencional	327,77 B	1,40 B	1,66 B
Direto	1002,95 A	1,78 A	2,05 A

Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente pelo teste F a 1% de probabilidade.

4.6. Teores nos grãos de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn

O resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos aos teores nos grãos de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fé, Zn e Mn, referentes às épocas de plantio do inverno de 2006 e da seca de 2007 em Coimbra é apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 – Resumo da análise de variância conjunta dos teores dos nutrientes nos grãos, nos experimentos do inverno de 2006 e da seca de 2007. Coimbra - MG.

F.V.	G.L	QUADRADO MÉDIO								
		Cu	Fe	Zn	Mn	Ca	S	Mg	K	P
REP/ÉPOCA	6	1,85	147,67	9,54	805,02	1,01	0,224	0,076	0,772	0,081
ÉPOCA	1	64,89**	3956,48**	11747,92**	994,05 ^{ns}	3,26**	2,55 ^{ns}	26,16**	4211,34**	8,45**
SIST.	1	0,101 ^{ns}	2723,77**	7845,15**	12338,03**	4,28**	0,711*	0,004 ^{ns}	8,96*	0,249 ^{ns}
ÉPOCA x SIST.	1	19,65**	2699,32**	4213,41**	1062,153 ^{ns}	1,58*	0,030 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	54,04**	1,14**
ERRO (A)	6	0,341	193,27	5,93	678,98	0,32	0,459	0,014	1,95	0,094
DOSE	4	7,26**	426,06*	310,11**	382,20 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,423 ^{ns}	0,046 ^{ns}	4,25*	0,387*
ÉPOCA x DOSE	4	1,36 ^{ns}	283,07 ^{ns}	389,42**	457,04 ^{ns}	1,45*	0,434 ^{ns}	0,023 ^{ns}	1,65 ^{ns}	0,027 ^{ns}
SIST. x DOSE	4	1,17 ^{ns}	636,16 ^{ns}	27,92*	1441,10*	0,63 ^{ns}	0,397 ^{ns}	0,029 ^{ns}	3,39 ^{ns}	0,110 ^{ns}
ÉPOCA x SIST x DOSE	4	2,23 ^{ns}	125,72**	83,72**	801,62 ^{ns}	1,58*	0,837*	0,049 ^{ns}	4,88**	0,028 ^{ns}
Resíduo	48	1,31	161,04	9,91	509,87	0,46	0,270	0,029	1,33	0,106
CV (%) da parcela	-	6,66	25,96	5,32	25,80	26,53	55,62	20,31	5,66	13,17
CV (%) da subparcela	-	13,09	23,69	6,87	22,36	31,55	42,68	11,39	4,68	13,98

* F significativo a 5%; ** F significativo a 1%; ^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade.

Os teores de zinco no grão foram aumentados de forma linear na época de plantio de inverno para ambos os sistemas de cultivo (Figura 15). Na época da seca, não observou efeito de doses de Mo, sobre os teores de Zn sendo que o plantio direto apresentou médias superiores em relação ao plantio convencional (Tabela 17).

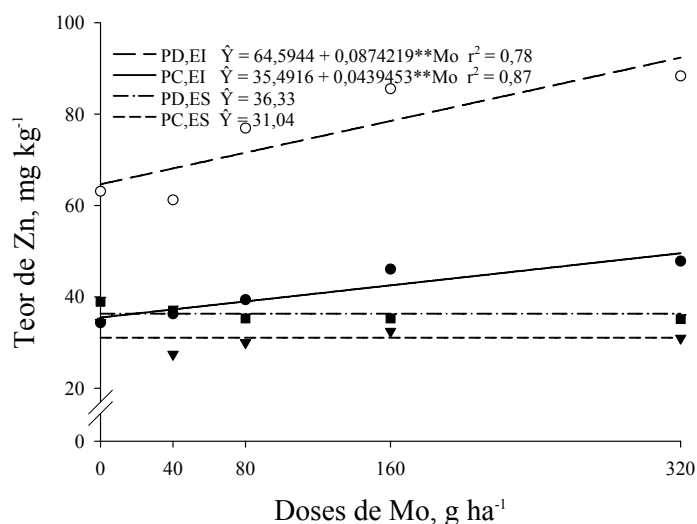


Figura 15 – Teor no grão de Zn em função de doses de molibdênio, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), nas épocas do inverno de 2006 (EI) e da seca de 2007 (ES), Coimbra – MG.

Os teores de Fe no inverno também tiveram incremento com a adubação molíblica, sendo que no plantio convencional este aumento foi mais evidente e de forma quadrática, os teores máximos de Fe, foram atingidos nas doses de 187 e 37 g ha⁻¹ de Mo, no plantio convencional e direto, respectivamente (Figura 16).

Os teores de K nos grãos tiveram uma tendência de aumento no plantio convencional na época de inverno e no plantio direto na época da seca (Figura 17), seguindo assim a mesma tendência dos teores de foliares de K na época do inverno. Os teores de K nos grãos na época de inverno apresentaram valores maiores que na seca independentemente da dose utilizada (Tabela 17).

Pessoa (1998) observou que, pelas concentrações dos nutrientes K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn nas folhas e de K, Fe, Zn e Cu nos grãos, houve uma tendência de redução destes nutrientes com o aumento das doses de Mo. Este autor atribui esta redução ao maior incremento vegetativo do feijoeiro, possivelmente exercendo efeito de diluição desses nutrientes absorvidos pela planta.

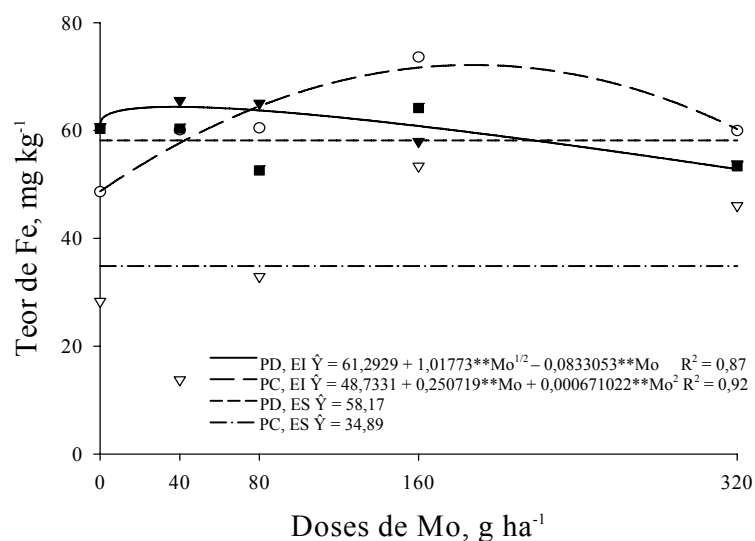


Figura 16 – Teor no grão de Fe em função de doses de molibdênio, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), nas épocas do inverno de 2006 (EI) e da seca de 2007 (ES), Coimbra – MG.

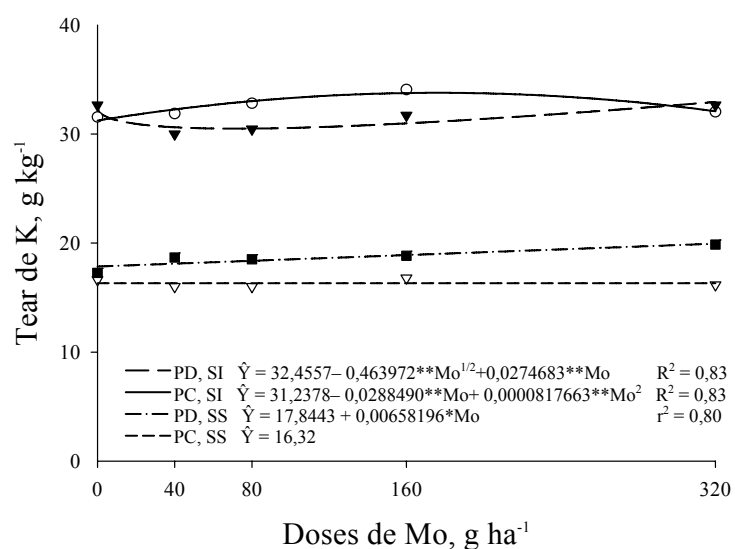


Figura 17 – Teor no grão de K em função de doses de molibdênio, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), nas épocas do inverno de 2006 (EI) e da seca de 2007 (ES), Coimbra – MG.

Para a interação sistemas de plantio x doses de molibdênio x épocas de plantio, nos teores de Ca e S, não observou efeito de doses de molibdênio para estes nutrientes, os valores médios observados estão na Tabela 17.

Tabela 17 - Médias dos teores de Fe e Zn (mg kg^{-1}), Ca, P e S (g kg^{-1}) nos grãos, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), nas épocas de plantio de inverno de 2006 e da seca de 2007, em resposta à aplicação de molibdênio, Coimbra-MG.

Fe										
Doses	0		40		80		160		320	
Sist. Épocas	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD
Inverno	48,65 A a	60,73 A a	60,11 A a	65,56 A a	60,48 A a	65,04 A a	73,63 A a	57,97 A a	59,98 A a	53,80 A a
Seca	28,31 B b	60,33 A a	13,77 B b	60,37 A a	32,90 B b	52,61 A a	53,40 B a	64,19 A a	46,05 A a	53,36 A a

Zn										
Doses	0		40		80		160		320	
Sist. Épocas	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD
Inverno	34,31 A b	63,11 A a	36,26 A b	61,23 A a	39,36 A b	76,94 A b	46,07 A b	85,54 A a	47,81 A b	88,61 A a
Seca	34,41 A b	38,95 B a	27,44 B b	37,03 B a	29,99 B b	35,29 B a	32,43 B a	35,28 B a	30,95 B a	35,12 B a

Ca										
Doses	0		40		80		160		320	
Sist. Épocas	PC	PD	PC	PD	PC	PC	PD	PC	PD	PC
Inverno	2,52 A a	2,68 A a	3,00 A a	2,58 A a	1,81 A a	2,18 A a	1,89 A a	2,37 A a	2,06 A a	2,38 A a
Seca	0,98 B b	2,77 A a	0,90 B b	2,33 A a	1,69 A a	2,19 A a	2,25 A a	2,26 A a	2,36 A a	2,02 A a

K										
Doses	0		40		80		160		320	
Sist. Épocas	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD
Inverno	32,66 A a	31,56 A a	31,88 A a	29,99 A b	32,82 A a	30,46 A b	34,08 A a	31,72 A b	32,04 A a	32,66 A a
Seca	17,26 B a	16,64 B a	16,00 B b	18,68 B a	16,00 B b	18,52 B a	16,79 B b	18,83 B a	16,16 B b	19,87 B a

S										
Doses	0		40		80		160		320	
Sist. Épocas	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD
Inverno	1,38 A a	1,46 A a	1,11 A b	2,58 A a	1,66 A a	1,15 A a	1,09 A a	1,24 A a	1,16 A a	1,13 A a
Seca	1,07 A a	1,38 A a	0,91 A a	0,89 B a	0,95 A a	1,49 A a	0,93 A a	0,98 A a	0,96 A a	0,84 A a

Médias seguidas de uma mesma letra, maiúsculas na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para a interação sistemas x doses de molibdênio para os teores de Mn, as doses de Mo não influenciaram os teores deste elemento nos grãos, apresentando médias de 88,57 e 113,41 mg kg⁻¹, no plantio convencional e direto respectivamente. O teor de Cu no grão foi influenciado negativamente pelas doses de Mo (Figura 18).

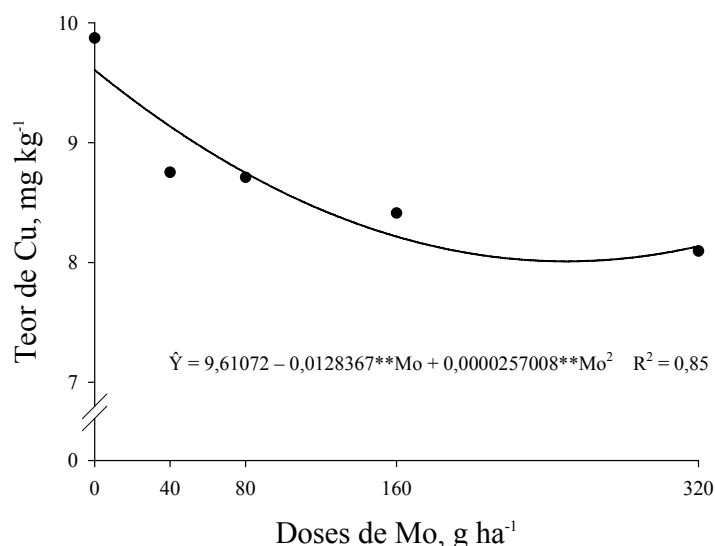


Figura 18 – Teor no grão de Cu, em função de doses de molibdênio, Coimbra – MG.

Para a interação épocas x sistemas de plantio, foram observado que os teores de Fe, Zn, P, K, Ca, Mg na época de plantio de inverno foram superiores à época do plantio da seca. O sistema de plantio direto promoveu maior acúmulo Fe e Zn nos grãos em ambas as épocas de plantio (Tabela 20).

Tabela 18 – Médias dos teores nos grãos de Cu, Fe e Zn (mg kg⁻¹) e P, K e Mg (g kg⁻¹), nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC), nas épocas de plantio do inverno de 2006 e da seca de 2007, Coimbra – MG.

Sistemas Épocas	Cu		Fe		Zn		Ca	
	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD
Inverno	8,40 B a	7,34 B b	60,57 A b	60,62 A a	40,77 A b	75,09 A a	2,25 A b	2,44 A a
Seca	9,21 A b	10,13 A a	34,89 B b	58,17 B a	31,04 B b	36,33 B a	1,64 B b	2,31 B a
Sistemas Épocas	P		K		Mg			
	PC	PD	PC	PD	PC	PD		
Inverno	2,72 A a	2,60 A b	32,48 A a	31,50 A b	1,99 A b	2,01 A a		
Seca	1,83 B b	2,18 B a	16,32 B b	18,63 B a	0,85 B b	0,86 B a		

Médias seguidas de uma mesma letra maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem significativamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

No plantio convencional, o teor de S nos grãos foi maior que no plantio direto, diferentemente dos teores foliares em que o plantio direto foi superior (Tabela 19). Já os teores nos grãos de Mn seguiram a mesma tendência dos teores foliares, com maior acúmulo no plantio direto.

Tabela 19 – Médias dos teores no grão de Mn (mg kg^{-1}) e S (g kg^{-1}), nos plantio direto e convencional, Coimbra – MG.

Sistemas	Mn	S
Convencional	88,57 B	1,87 A
Direto	113,41 A	1,31 B

Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

O número de vagem por m² e a produtividade dos grãos, aumentou em resposta a aplicação foliar de molibdênio.

A produtividade de grãos, no sistema de plantio direto foi maior que plantio convencional.

Na época de plantio de inverno a produtividade e os componentes de produção foram maiores que na época da seca.

Os teores foliares e nos grãos de Mo aumenta em resposta à aplicação deste nutriente.

Os teores de foliares de N (total e orgânico) do feijoeiro aumentam em resposta a adubação à aplicação de Mo, em ambos os sistemas de plantio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação**. Viçosa-MG, p.25-32, 1999.

AMANE, M.I.V. **Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais: Efeitos de doses, calagem e Rizóbio**. Viçosa, MG. UFV. 1997. 83p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AMANE, M.I.V; VIEIRA, C.; NOVAIS, R.F.; ARAUJO, G.A.A. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 643-650, 1999.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo no sistema de plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. p. 873-928, 2007.

ARAÚJO, K.L. **Estratégias de controle químico da ferrugem do feijoeiro nos sistemas de plantio direto e convencional**. Viçosa, MG. UFV. 2005. 39p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BARTZ, H. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob plantio direto. In: FRIES, M.R. **Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária**. Santa Maria: UFSM, p.52-63, 1998.

BALBINO, L.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G.; OLIVEIRA, E.F.; OLIVEIRA, I.P. Plantio direto. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, p.301-352, 1996.

- BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A.A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.473-480, 1996.
- BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro 'Rico 23' à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. **Revista Ceres**, v. 19, p. 222-226, 1972.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v. 21, p. 73-85, 1974.
- BREMNER, J.M., MULVANEY, C.A. Total nitrogen. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KENNEY, D.R.; *Methods of soil analysis*, 2º ed. p.595-624, 1982.
- BRODRICK, S.J.; GILLER, K.E. Root nodules of *Phaseolus*: Efficient scavengers of molybdenum for N₂ fixation. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, n. 238, p. 679-686, 1991.
- CARNEIRO, J.E.S.; CHAGAS, J.M.; PAULA JÚNIOR, T.J.; SILVA, L.C.; ARAÚJO, G. A. A.; CARNEIRO, P.C.S.; DEL GIÚDICE, M. P.; MENEZES JÚNIOR, J.A.N. Ouro Vermelho: nova cultivar de feijão vermelho para Minas Gerais. **VIII Congresso nacional de pesquisa de feijão**. CONAFE. Goiânia, v.1, p.525-527, 2005.
- COELHO, F.C.; VIEIRA, C. MOSQUIM, P.R.; CASSINI, S.T.A. Nitrogênio e molibdênio nas culturas do milho e feijão, em monocultivo e consórcio: I -Efeitos sobre o feijão. **Revista Ceres**, v.45, p.393-407, 1998.
- COELHO, H.D.A.; LAGE, K.A.; FIGUEIREDO, L.H.A.; MELLO, J.W.V. Estudo da absorção de molibdênio em quatro solos de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.47, p.579-590, 2000.
- DALLPAI, O.L. **Determinação espectrofotométrica de molibdênio em solo e tecido vegetal e adsorção de molibdato em solos de Minas gerais**. Viçosa, MG. UFV. 1996. 56p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, SBCS. p.328-354, 2006.
- EIVAZI, F.; SIMS, J.L.; CRUTHFIELD, J. Determination of molybdenum in plant materials using a rapid automated method. **Soil Science and plant analysis**. V. 23, p. 135-150, 1982.

- FERREIRA, A.C.B.; **Nutrição e produtividade do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar.** Viçosa, MG. UFV. 2001. 80p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; CARDOSO, A.A.; FONTES, P.C.R.; VIEIRA, C. Influência do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 49, n. 284, p. 443-452, 2002.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO (2007) **Agrianual**, São Paulo, 2007.520p.
- FRANCO, A.A.; DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soil of Brazil. **Turrialba**. v.30, p.99-105,1980.
- FREITAS, P.L. Manejo físico do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO CERRADO, 1., Goiânia. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, p. 117-139, 1992.
- FUGE, R. Na automated method for the determination of molybdenum in geological and biological samples. **Analytical**. v. 95, p. 171-176, 1970.
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. **Bragantia**. v. 20, p. 867-884. 1961.
- GUIMARÃES, C.M. Relações hídricas. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, p.139-167, 1996.
- GUPTA, U.C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soils and plants and animals. **Advance in Agronomy**, v.34, p.73-115, 1981.
- JACKSON, M.L. Nitrogen determinations for soil and plants tissue. In: JACKSON, M.L. (Ed.) **Soil chemical analyses**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, p. 183-204, 1958.
- JACOB NETO, J.; FRANCO, A.A. **Adubação de molibdênio em feijoeiro**. EMBRAPA-CNPAB (Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia). Comunicado Técnico n°. 12, 4p. Seropédica, julho, 1986.
- JACOB NETO, J; **Variação estacional, concentração nas sementes e níveis críticos de molibdênio nos nódulos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Itaguaí, UFRRJ, 1985 141p. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- LEITE, U.T. **Produção e qualidade de sementes de feijão enriquecidas com molibdênio**. Viçosa, MG, 2004. 83p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

- LEITE, U.T.; ARAÚJO, G.A.A.; MIRANDA, G.V.; VIEIRA, R.F.; CARNEIRO, J.E.S.; PIRES, A.A. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p. 113-120, 2007.
- MALAVOTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MARCONDES, J.A.P.; CAIRES, E.F. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo de soja. **Bragantia**, v.64, n.4, p.687-694, 2005.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. Viçosa, UFV, p.249-327, 2007.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. New York, Academic Press, 889p, 1995.
- MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação**. Viçosa-MG, p.143-168, 1999.
- MARTINÉZ, E.L.; BARRACHINA, A.C.; CARBONELL, F.B.; POZO, M.A.; GARCIA, M.A.; BENEYTO, J.M. Molybdenum uptake, distribution and accumulation in bean plants. **Fresenius Envir Bull**, v.5, p. 73-78, 1996.
- NASCIMENTO, M.S.; SILVA, O.A.M.G. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.26, p.153-159, 2004.
- 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, SP: POTAFOS, p. 175-212, 1998.
- PESSOA, A.C.S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. Viçosa, MG. 1998. 151p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas),- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PESSOA, A.C.S.; RIBEIRO, A.C.; CHAGAS, J.M.; CASSINI, S.T.A. Concentração foliar de molibdênio e exportação de nutrientes pelo feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.24, p.75-84, 2000.

PIRES, A.A. **Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na cultura do feijoeiro**. Viçosa, MG. 2003. 49p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PIRES, A.A.; ARAÚJO, G.A.A.; MIRANDA, G.V., BERGER, P.G.; FERREIRA, A.C.B.; ZAMPIROLI, P.D.; LEITE, U.T. Rendimento de grãos, componentes do rendimento e Índice SPAD do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de época de aplicação e do parcelamento da aplicação e do parcelamento da aplicação foliar de molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.1092-1098, 2004.

SAEG, **Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SANTOS, H.P.; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e manejo de solo. **Ciências Rural**, v.33, p. 477-486, 2003.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; NOVACHINSKI, J.R.; FONTES, C.Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados, MS: Embrapa - CPAO, 1998. 248p.

SALYSBURY, F.B.; ROOS, C.W. **Plant physiology**. 4 ed. California: Wadsworth Publishing Company, 1991. 682p.

SILVA, C.C.; SILVEIRA, P.M. Influência de sistemas agrícolas em características químico-físicas do solo. **Ciência e agrotecnologia**, v.26, n.3, p.505-515, 2002.

SILVA, M.G.; ARF, O ; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S. Nitrogen fertilization and soil Management of winter common bean crop. **Scientia Agricola**, v.61, p.307-312, 2004

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.30, p.391-399, 2006.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agrônômica**, v.10, p.89-99, 2001.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p. 835-841. 2000.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p. (Boletim técnico, 5).

URCHEI, M.A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um latossolo vermelho-escuro argiloso e no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação**. Botucatu, SP. UNESP. 1996. 131p. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu, Botucatu..

VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A.O.; ARAÚJO, G.A.A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Revista Agricultura**, 67, p. 117-124, 1992.

VIEIRA, N.M.B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs, BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional**. Lavras, UFLA. 2006. 145p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras.

VIEIRA, S.M.; RONZELLI JÚNIOR, P.; DAROS, E.; KOEHLER, H.S. PREVEDELLO, B.M.S. Nitrogênio, molibdênio e inoculante para a cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, v.1, n. 1-2, p.63-66, 2000.

WINTER, H.C.; BURRIS, R.H. Nitrogenase. **Annual Review of Biochemistry**, v. 45, p. 409-426, 1976.

YATES, M.G. Biochemistry of nitrogen fixation. In: MIFLIN, B.J. (Ed). **The biochemistry of plants**. London: Academic, 1980.

YATSIMIRSKII, K.B. **Catalytic and chemical kinetics: The use of catalytic reactions involving hydrogen peroxide in the study of formation of complexes and in development of curyosintive analytical methods** (s. 1.: s.n), 1964, não paginado.

ZIMMER, W.; MENDEL, R. Molybdenum metabolism in plants. **Plant Biology**. v. 1, p. 160-168, 1999.