

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**JULIANA FONSECA ALVES**

**TRANSLOCAÇÃO DE COBALTO E MOLIBDÊNIO APLICADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS  
NA CULTURA DA SOJA**

**Uberlândia – MG  
Fevereiro – 2007**

**JULIANA FONSECA ALVES**

**TRANSLOCAÇÃO DE COBALTO E MOLIBDÊNIO APLICADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS  
NA CULTURA DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Agronomia,  
da Universidade Federal de  
Uberlândia, para obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Regina Maria Quintão Lana

**Uberlândia – MG  
Fevereiro - 2007**

**JULIANA FONSECA ALVES**

**TRANSLOCAÇÃO DE COBALTO E MOLIBDÊNIO APLICADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS NA  
CULTURA DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de Agronomia, da Universidade  
Federal de Uberlândia, para obtenção do  
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 06 de fevereiro de 2007

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Regina Maria Quintão Lana

---

Eng. Agr<sup>o</sup>. M.Sc. Pedro Afonso Couto

---

Eng. Agr<sup>a</sup>. M.Sc. Leila Maria de Freitas Moraes

## *RESUMO*

O presente experimento teve como objetivo verificar a translocação de Co e Mo aplicados em diferentes épocas do desenvolvimento da cultura da soja, observando a sua presença em nódulos radiculares, folhas e grãos da soja. O experimento foi instalado na Fazenda Canadá, localizada em Uberlândia, MG. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, contendo sete tratamentos e seis repetições. Cada parcela conteve 12 linhas de 11 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m. A cultivar plantada foi a BRSMG-68. A adubação de plantio foi de 360 kg ha<sup>-1</sup>, da fórmula 00-20-10. As sementes foram inoculadas com 500g de inoculante turfoso, para 50 kg de semente, e as fontes usadas de Co e Mo foram, respectivamente, cloreto de cobalto e molibdato de sódio. Os tratamentos consistiram das seguintes épocas de aplicação dos micronutrientes: 1) testemunha (sem aplicação); 2) via semente; 3) estágio V<sub>4</sub>; 4) estágio V<sub>6</sub>; 5) estágio R<sub>1</sub>; 6) estágio R<sub>3</sub>; e 7) via semente e estágio R<sub>3</sub>. Nos tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6, utilizaram-se as doses de 2,5 g ha<sup>-1</sup> de Co e 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo. Para o tratamento 7, na semente utilizou-se 2,5 g ha<sup>-1</sup> de Co e 20 g ha<sup>-1</sup> de Mo, enquanto que no estágio R<sub>3</sub> aplicou-se 400 g ha<sup>-1</sup> de Mo. A partir da aplicação, excetuando-se os tratamentos 5 e 6, por 9 semanas consecutivas, foram coletadas 20 plantas por parcela. As coletas nos tratamentos 5 e 6 ocorreram por 8 e 7 semanas consecutivas, respectivamente. A coleta de vagens com grãos ocorreu a partir do momento em que houve enchimento de vagens. Avaliou-se a translocação de Co e Mo das folhas para os nódulos e grãos. A conclusão foi de que o molibdênio, aplicado via foliar, transloca para os nódulos e para os grãos e, quando aplicados mais tardiamente, promove um incremento nos teores desse micronutriente nos grãos.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Caracterização do local, delineamento e tratamentos utilizados.....	10
3.2 Instalação e Condução do Experimento no campo.....	12
3.3 Coletas das amostras de plantas.....	13
3.4 Processamento dos nódulos.....	14
3.5 Processamento de folhas e grãos.....	14
3.6 Análise estatística.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1 Avaliação agronômica durante o ciclo da cultura.....	16
4.1.1 Translocação de Mo, nas folhas, nódulos e grãos.....	16
4.1.2 Teor de molibdênio nos grãos.....	22
4.2 Avaliação dos teores de cobalto nas folhas, nódulos e grãos.....	23
5 CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS.....	26

## 1 INTRODUÇÃO

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma das mais importantes oleaginosas do mundo. Nos últimos anos, principalmente com a abertura de novas áreas sob vegetação de cerrado, o Brasil passou a ser um importante produtor de soja, tendo apresentado na safra 2006/2007 a produção total de 56,7 milhões de toneladas de grãos, em uma área colhida 20,6 milhões de hectares, com uma produtividade média de 2.755 kg ha<sup>-1</sup>, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB (2007). A soja, devido a sua menor exigência nutricional e aspectos econômicos favoráveis, estabeleceu-se no cerrado brasileiro, nos anos 70. Hoje as relações econômicas são mais críticas, e para obtenção de produtividades mais elevadas, faz-se necessário a utilização adequada das novas tecnologias de cultivo. A cultura da soja seria inviabilizada economicamente se os produtores tivessem que aplicar todo o nitrogênio necessário para suprir as demandas da planta. O nitrogênio é o nutriente necessário em maior quantidade, para a soja, devido ao alto teor protéico de seus grãos. Entretanto, bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (*japonicum* e *elkanii*), que se associam ao sistema radicular da soja, estabelecem uma importante simbiose, fornecendo todo o nitrogênio que a planta necessita, formando estruturas especializadas nas raízes, chamadas nódulos, nos quais ocorre o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN).

Tem-se observado que baixos rendimentos de grãos estão relacionados, principalmente, com teores baixos de N nas folhas e grãos. Porém, esse nutriente, se adicionado na forma de fertilizante nitrogenado, é prejudicial ao processo de fixação biológica. Portanto, a produtividade da soja está diretamente relacionada à sua nutrição nitrogenada.

A eficiência do processo de fixação biológica de N<sub>2</sub> bem como o seu metabolismo podem ser seriamente prejudicados pela deficiência de cobalto (Co) e molibdênio (Mo), pois o primeiro é essencial aos microorganismos fixadores de N<sub>2</sub>, e o segundo faz parte das enzimas redutase do nitrato, e da nitrogenase.

Para aumentar a eficiência do processo de fixação biológica de nitrogênio, a busca de novas técnicas tem sido indispensável. A aplicação de Co e Mo nas sementes poderá reduzir a sobrevivência do *Bradyrhizobium* e, conseqüentemente, a nodulação e a FBN. Sendo assim, a aplicação de Co e Mo, nas mesmas doses recomendadas via semente, poderá ser efetuada, em pulverização foliar entre os estádios V<sub>3</sub> – V<sub>5</sub>.

Devido à mobilidade do Mo na planta, o mesmo pode ser adicionado em soluções via adubação foliar. As aplicações foliares favorecem a rápida absorção do Mo pelas plantas,

além de diminuir as perdas por fixação, quando adicionado ao solo. Estudos recentes mostram que a pulverização foliar constitui a forma mais eficiente de suprir a demanda de Mo para a planta. A deficiência de Mo não ocorre nas folhas mais novas, devido a sua fácil translocação na planta. Campo e Hungria (2002) verificaram que a translocação de Mo, aplicado nas folhas de soja, cv. BRS 133, para os nódulos, foi muito rápida. Em apenas cinco dias após aplicação de Mo nas folhas, as concentrações deste nutriente nos nódulos foi máxima. Com relação ao Co, mais estudos deverão ser desenvolvidos para melhor explicar o metabolismo desse elemento na planta.

Em face aos poucos conhecimentos sobre a translocação e concentração translocada desses micronutrientes, realizou-se esse trabalho objetivando verificar a translocação de Co e Mo aplicados em diferentes épocas do desenvolvimento da cultura da soja, observando a sua presença em nódulos radiculares, folhas e grãos da soja.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O molibdênio (Mo) e o cobalto (Co) participam ativamente como integrantes de enzimas envolvidas em reações bioquímicas necessárias ao metabolismo das plantas. Suas disponibilidades no solo dependem de diversos fatores, sendo que o tipo de rocha matriz e o estágio de intemperização, representado pelo aumento da acidez e das concentrações de óxidos de ferro, alumínio e manganês, influenciam marcadamente suas concentrações na solução do solo. Assim, as concentrações desses elementos no tecido vegetal estarão intimamente relacionadas com suas intensidades de ocorrência na solução do solo, uma vez que o fluxo de massa constitui-se no principal mecanismo de suprimento de Mo e Co às plantas. Em geral, os solos apresentam níveis de suficiência para estes elementos. Em condições especiais, podem ocorrer deficiências que se caracterizam por clorose generalizada, principalmente em leguminosas (atualmente denominadas fabáceas), que lembram os sintomas característicos de deficiência de nitrogênio (VIDOR; PERES, 1988).

O molibdênio participa ativamente como cofator integrante nas enzimas nitrogenase, redutase do nitrato e oxidase do sulfato, e está intensamente relacionado com o transporte de elétrons durante as reações bioquímicas. A falta de Mo no solo irá ocasionar menor síntese da enzima nitrogenase, com conseqüente redução da fixação biológica do nitrogênio ( $N_2$ ). Em condições de pH extremamente baixo, o Mo existente na solução do solo encontra-se predominantemente em forma não dissociada de ácido molíbdico ( $H_2MoO_4$ ). Com o aumento do pH, o  $H_2MoO_4$  se dissocia em  $HMoO_4^-$  e, posteriormente, a molibdato ( $MoO_4^{2-}$ ), o qual se torna a forma predominante em solos com pH neutro e alcalino. Esses molibdatos são adsorvidos nas superfícies de minerais primários e da fração coloidal, fazendo com que a disponibilidade do Mo no solo seja dependente do pH. A correção do pH dos solos ácidos, através da calagem, aumenta a disponibilidade de molibdênio, justificando-se esta ocorrência com o mecanismo de troca dos ânions de molibdato ( $MoO_4^{2-}$ ) por hidroxila ( $OH^-$ ). O Cobalto é um elemento essencial aos microorganismos fixadores de  $N_2$ , mediante a participação na composição da vitamina B12 e da coenzima cobamida, também conhecida como dacobalamina.

A cobamida funciona como ativadora de enzimas importantes que catalizam reações bioquímicas em culturas de bactérias fixadoras de  $N_2$ , entre as quais o *Bradyrhizobium japonicum* e seus bacteróides presentes nos nódulos das leguminosas. A ausência de Co, também provoca a diminuição da fixação do  $N_2$  para a soja, ocasionando repercussão negativa para a produtividade (LANTMANN, 2002).



Ocorre deficiência de Co em solos altamente lixiviados, embora a elevação do pH pela calagem possa aumentar sua disponibilidade (MITCHELL, 1972).

Os teores de Co no solo variam de 1 a 40 mg dm<sup>-3</sup>. Valores superiores podem ocorrer em solos originários de rochas ricas em minerais ferromagnesianos (MITCHELL, 1964). O teor de Mo total nos solos encontra-se na faixa de 0,5 a 5,0 mg dm<sup>-3</sup>, onde ocorre nas seguintes fases: solúvel na solução do solo, adsorvido na fração coloidal, retido na rede cristalina dos minerais primários e quelato à matéria orgânica (LANTMANN, 2002).

O Mo e o Co podem ser suplementados às culturas através de adubação de solo ou aderidos às sementes através da peletização. Devido à mobilidade do Mo na planta, o mesmo ainda pode ser adicionado em soluções via adubação foliar. No caso do Co, esta forma de adubação é contra indicada, devido à sua baixa absorção e mobilidade nas folhas. Em muitos casos, a quantidade existente nas sementes é suficiente para dar atendimento às necessidades nutricionais das culturas nestes elementos (VIDOR; PERES, 1988).

As principais fontes de Co e Mo são o cloreto de cobalto, sulfato de cobalto e nitrato de cobalto. As principais fontes de Mo são o molibdato de sódio, molibdato de amônio, ácido molíbdico e o trióxido de molibdênio. Existem atualmente no mercado diversos produtos comerciais contendo Mo e Co em concentrações variáveis, mas sempre na proporção 10:1 (Mo e Co). De modo geral, estes produtos comerciais têm apresentado ótimos resultados no fornecimento desses nutrientes quando aplicados por pulverização foliar ou na semente (CAMPO; HUNGRIA, 2002).

Em condições de deficiência de Co e Mo, as indicações técnicas atuais desses nutrientes são para aplicação de 2 a 3 g ha<sup>-1</sup> de Co e 12 a 30 g ha<sup>-1</sup> de Mo via semente ou em pulverização foliar nos estádios de desenvolvimento V3-V5 (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2004).

A aplicação de Mo nas sementes de soja na forma de molibdato pode ocasionar sérios problemas de sobrevivência do *Bradyrhizobium*, bem como prejuízos à nodulação e à fixação do N<sub>2</sub>. É necessário que o processo de inoculação das sementes de soja seja efetuado levando-se em conta todos os cuidados recomendados, como plantio das sementes logo após a inoculação, quantidade e qualidade do inoculante, e boas condições de umidade do solo para garantir rápida germinação, reduzindo-se os danos causados pela aplicação de Mo junto com o *Bradyrhizobium*. As aplicações de Co via foliar apresentam menos eficiência que a aplicação do Mo, devido a baixa translocação deste nutriente na planta. Entretanto, trabalhos de pesquisa têm mostrado que a aplicação do Co junto com o Mo via foliar promovem aumento da fixação biológica do nitrogênio e da produtividade da soja (LANTMANN, 2002).

Resultados de pesquisa realizada no campo demonstraram que os produtos comerciais normalmente em uso dos agricultores, contendo Co e Mo, quando aplicados nas sementes de soja junto com o inoculante reduzem a nodulação da soja e, por consequência, o potencial de FBN (CAMPO et al., 1999).

As espécies vegetais apresentam diferenças quanto às suas necessidades em molibdênio, sendo as leguminosas e algumas crucíferas consideradas de alta exigência e as gramíneas de baixa exigência. Leguminosas eficientemente noduladas apresentam concentrações de Mo nos nódulos que chegam a ser dez vezes superiores às encontradas nas folhas (VIDOR; PERES, 1988).

Em condições de deficiência de Mo e Co, esses elementos tendem a se acumular nos nódulos, em detrimento das outras partes da planta (PATE, 1977).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização do local, delineamento e tratamentos utilizados

O experimento foi realizado na Fazenda Canadá, pertencente ao Grupo ALGAR, localizada no Município de Uberlândia – MG, posição geográfica 18° 51' 45" latitude Sul e 48° 24' 55" longitude Oeste, altitude de 800 m, em uma área de sistema plantio direto, durante o ano agrícola 2004/2005, com o cultivo de soja. O plantio ocorreu em 27 de novembro de 2004.

A unidade principal de solo é o LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico (EMBRAPA, 1999).

As características químicas e físicas desse solo foram determinadas no Laboratório da UNITHAL de Campinas (Tabela 1).

Tabela 1 – Características químicas e físicas na profundidade de 0 – 20 cm do solo do experimento

Profundidade Cm	Teor de argila %	pH 1:2,5	P <sup>1</sup> mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>2</sup> -- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> --	CTC	V	MO ----- % -----
0-20	21,80	5,6	25,00	0,09	3,99	37,4	1,5
			S	B <sup>1</sup>	Mn <sup>1</sup>	Cu <sup>1</sup>	Zn <sup>1</sup>
			----- mg dm <sup>-3</sup> -----				
			7,2	0,20	7,50	2,40	6,50

<sup>1</sup>Extrator Mehlich I (VETORI, 1969).

<sup>2</sup> Extrator KCL 1 mol L<sup>-1</sup> (VETORI, 1969).

A população inicial de Bradyrhizobium no solo foi determinada no laboratório de microbiologia do solo da Embrapa-soja (CNPSo).

As parcelas no campo foram cultivadas com a soja BRSMG 68 (Vencedora), contendo 12 linhas de 11 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m, totalizando uma área de 59,4 m<sup>2</sup>.

A unidade experimental (parcela) foi dividida em duas áreas: a) área para determinação dos componentes de produção e rendimento de grãos e, b) área para coleta de vinte plantas semanais, das quais foram determinadas as variáveis destrutíveis, sendo que os pontos de coletas semanais nas linhas foram previamente definidos. Cada ponto de coleta correspondeu a 1,5 m de comprimento em duas linhas, onde foram coletadas as 20 plantas, sendo 10 plantas em cada linha, conforme esquema demonstrado na Figura 1. Excluiu - se, como bordadura, duas fileiras de cada extremidade da parcela.

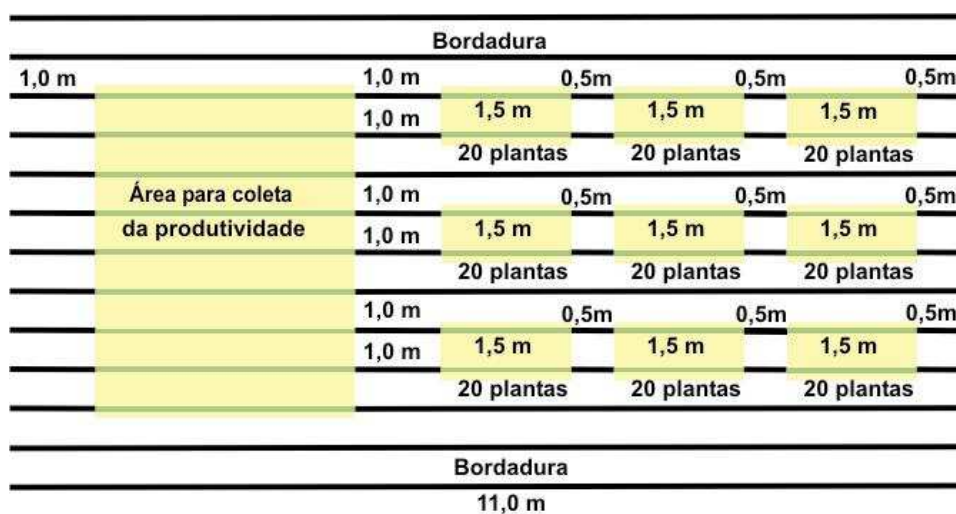


Figura 1 - Esquema da unidade experimental.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos e seis repetições, sendo a área total do experimento de 2.494 m<sup>2</sup>. Os tratamentos avaliados estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Relação dos tratamentos utilizados

Tratamento	Doses (g ha <sup>-1</sup> )		Descrição do tratamento
	Co	Mo	
1	0	0	Testemunha (sem aplicação)
2	2,5	80	Semente (aplicação via semente)
3	2,5	80	V <sub>4</sub> (aplicação via foliar)
4	2,5	80	V <sub>6</sub> (aplicação via foliar)
5	2,5	80	R <sub>1</sub> (aplicação via foliar)
6	2,5	80	R <sub>3</sub> (aplicação via foliar)
7	2,5	20	R <sub>3</sub> (aplicação via foliar)
	0	400	Via foliar em R <sub>3</sub>

Como fontes de Co e Mo foram utilizadas cloreto de cobalto e molibdato de sódio. Os estádios citados estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição dos estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos da soja utilizados para aplicação dos tratamentos.

<b>Símbolo</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Fase Vegetativa</b>		
V4	Quarto nó	Terceiro trifólio expandido, Quarta folha trifoliolada, aberta de tal modo que os bordos de cada folíolo não estejam se tocando.
V6	Sexto nó	Quinto trifólio expandido, Sexta folha trifoliolada, aberta de tal modo que os bordos de cada folíolo não estejam se tocando.
<b>Fase Reprodutiva</b>		
R1	Início do florescimento	Até 50% das plantas com uma flor
R3	Início da frutificação	Final da floração: vagens com até 5 cm

Fonte: Fehr e Caviness, adaptado por Câmara (1998).

### 3.2 Instalação e Condução do Experimento no campo

Antes da implantação do experimento foi feita a dessecação da área, utilizando-se 3 L ha<sup>-1</sup> de Glifosato (glyphosate). A recomendação de adubação foi feita com base na recomendação para a cultura da soja (EMBRAPA, 2004), não foi aplicado fertilizante nitrogenado.

Toda a área experimental foi sulcada pela máquina semeadora adubadora que distribuiu, no sulco de plantio, 360 kg ha<sup>-1</sup> de adubo, constituído de fósforo e potássio na formulação 00-20-10.

As sementes não receberam fungicidas nem inseticidas, foram inoculadas com 500 g de inoculante turfoso para 50 kg de semente. A semeadura foi realizada no dia 27 de novembro de 2004, através da distribuição manual de 20 sementes por metro linear, no sulco de plantio.

A adubação de cobertura, constituída de potássio, foi feita em 20 de dezembro de 2004, aplicando 140 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio. Foi feito como adubação foliar, a aplicação parcelada de 1,4 L ha<sup>-1</sup> de cloreto de manganês em 18 de dezembro de 2004 e 28 de dezembro de 2004.

Os tratos culturais aplicados ao experimento foram os mesmos aplicados à cultura da soja em áreas de plantios comerciais da fazenda.

### **3.3 Coletas das amostras de plantas**

As coletas (Anexo A e B) foram realizadas por 9 semanas consecutivas, a partir da aplicação, nos tratamentos 1, 2, 3, 4 e 7 e nos tratamentos 5 e 6, as coletas se deram por 8 e 7 semanas consecutivas, respectivamente (Tabela 4). Logo após as coletas, as plantas foram transportadas para o Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Uberlândia (LABAS), para a retirada dos nódulos das raízes.

Tabela 4. Semanas de coletas das amostras de 20 plantas, nos tratamentos aplicados.

Semanas	Tratamentos	Tratamentos aplicados
1	1, 2 e 7	3
2	1, 2, 3 e 7	4
3	1, 2, 3, 4 e 7	-
4	1, 2, 3, 4 e 7	5
5	1, 2, 3, 4, 5 e 7	6 e 7
6	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	-
7	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	-
8	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	-
9	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	-
10	3, 4, 5 e 6	-
11	4, 5 e 6	-
12*	5 e 6	-

\*As coletas se deram até essa semana, pois as folhas já se encontravam em estado de senescência e os nódulos, em sua maioria, deteriorados.

### 3.4 Processamento dos nódulos

Depois de retirados das raízes, os nódulos das vinte plantas de cada parcela foram peneirados, para limpar a terra e impurezas. Posteriormente os nódulos foram lavados e colocados em estufa a 65 ° C, por 72 horas. Finalmente, foram triturados para as análises de Co e Mo, realizadas pela EMBRAPA-soja, utilizando o procedimento para análise de minerais, em tecido vegetal, com abertura em mufla, e determinação por espectrometria de emissão atômica (ICP-EAS).

### 3.5 Processamento de folhas e grãos

Das 20 plantas coletadas semanalmente em cada parcela, foram retirados o 3º e 4º trifólios. Todos eles foram lavados e colocados em estufa, a 65° C, por 72 horas. Uma vez secos, esses trifólios foram triturados para posterior análise de cobalto e molibdênio. As análises de Co e Mo foram realizadas pela EMBRAPA-soja, utilizando o procedimento para

análise de minerais, em tecido vegetal, com abertura em mufla, e determinação por espectrometria de emissão atômica (ICP-EAS).

A partir do momento em que houve ocorrência de vagens com enchimento de grãos (décima semana de coletas), estas foram coletadas, dos tratamentos 3, 4, 5 e 6, para que os grãos pudessem ser retirados e processados, assim como as folhas.

### **3.6 Análise estatística**

Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre as características avaliadas, os dados foram submetidos à análise de variância, ao nível de 5% de significância. A partir desta análise, utilizou-se o teste de Tukey para comparação de médias, ao nível de 5% de probabilidade. O estudo foi realizado com o auxílio do Sistema Sisvar para análises estatísticas (FERREIRA, 2000).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação agrônômica durante o ciclo da cultura

#### 4.1.1 Translocação de Mo, nas folhas, nódulos e grãos

Para avaliar a translocação de Mo, observando a sua presença nos nódulos radiculares, nas folhas e grãos, optou-se por mostrar o comportamento desse micronutriente ao longo das semanas de coletas, para cada tratamento. As equações de regressão e coeficiente de determinação dos teores de Mo nos nódulos e nas folhas estão sendo mostradas na Tabela 5.

Tabela 5 - Equações e coeficientes de determinação dos teores de Mo nos nódulos radiculares e folhas, para os tratamentos em estudo.

Tratamento	Equação	Mínimo	Máximo	R <sup>2</sup>
Nódulos radiculares				
1	$y = 0,2245X^2 - 1,8022X + 5,3676$	4,02	-	0,5531
2	$y = 0,6232X^2 - 6,4581X + 19,873$	5,20	-	0,8846
3	$y = 0,2869X^2 - 2,4273X + 9,3324$	4,23	-	0,8543
4	$y = -0,0844X^3 + 1,9655X^2 - 12,932X + 30,12$	4,73	10,79	0,9202
5	$y = -0,3318X^3 + 7,8167X^2 - 57,254X + 136,79$	5,82	9,89	0,9396
6	$y = -1,1168X^2 + 20,536X - 81,54$	9,19	-	0,7677
7	$y = 0,4077X^2 - 3,3503X + 10,526$	4,12	-	0,8633
Folhas				
1	2,07*	-	-	-
2	$y = 0,0414X^2 - 0,5277X + 3,0081$	6,37	-	0,6726
3	$y = 0,0251X^3 - 0,4503X^2 + 2,2227X - 0,6151$	8,48	3,48	0,7459
4	1,50*	-	-	-
5	$y = 0,6698X^2 - 13,373X + 67,068$	9,98	-	0,9444
6	$y = 0,7412X^2 - 15,608X + 84,09$	10,53	-	0,9821
7	$y = -17,621X^2 + 250,04X - 798,75$	-	-7,09	0,8410

\* Não houve variação nos teores de Mo, não se fez ajuste da equação de regressão. Utilizou-se somente média.

\*\* Até a quinta semana, não houve variação nos teores de Mo, utilizando somente média de 1,5. A partir da sexta semana, fez-se o ajuste para essa equação de regressão.

Com relação ao tratamento 1 (testemunha), observa-se a partir da Figura 2 que, inicialmente, as concentrações de Mo, disponíveis na solução do solo e na própria semente, foram translocados para os nódulos. Em geral, os solos apresentam níveis de suficiência para este elemento. Também, em muitos casos, a quantidade existente nas sementes é suficiente para dar atendimento às necessidades nutricionais das culturas neste elemento (VIDOR; PERES, 1988). Os teores de Mo, nos nódulos, tenderam a diminuir, e mantiveram-se em concentrações baixas ao longo das semanas 3, 4, 5, e 6. Esse período coincidiu com o período em que as plantas estavam atuando de maneira intensa no processo de Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), para constituírem ao máximo sua área foliar, e por isso o Mo disponível nos nódulos estava sendo utilizado na FBN e diluído na massa vegetativa que estava se formando. A partir da semana 7, as concentrações de Mo foram aumentando gradativamente nos nódulos, pois, nesse período, ocorreu diminuição da intensidade da FBN, todos os fotoassimilados produzidos pela planta no estágio vegetativo estavam sendo canalizados para o enchimento dos grãos. Em se tratando do teor de Mo nas folhas, não houve variação considerável ao longo das nove semanas, e os teores se mantiveram baixos (Figura 2). Os teores de Mo, presentes na solução do solo e na semente, foram disponibilizados para os nódulos para a FBN e diluídos na massa vegetativa, conforme já discutido acima.

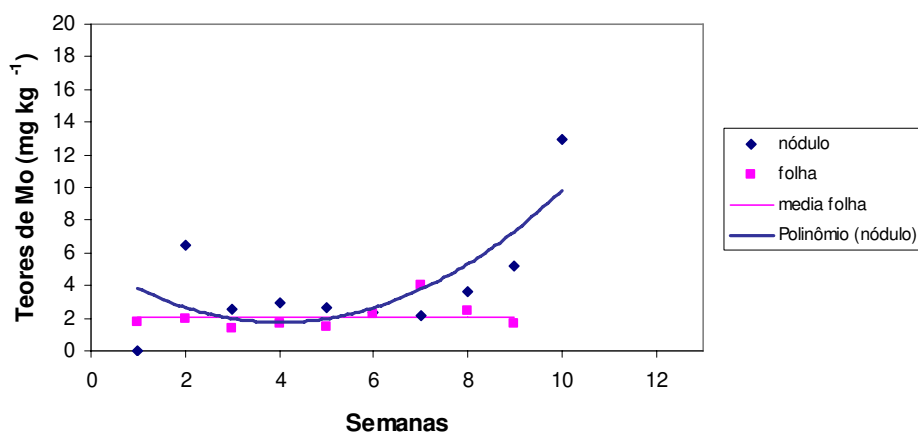


Figura 2 - Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 1.

Para o tratamento 2 (Co e Mo aplicados via semente), pode-se observar, pela Figura 3, que os teores de Mo atingiram teores de  $15 \text{ mg kg}^{-1}$  na primeira semana (estádio  $V_4$ ), havendo um efeito quadrático dos conteúdos de Mo e das semanas de coleta, atingindo o mínimo valor entre a quinta e sexta semana. A concentração elevada de Mo nos nódulos, na primeira semana de coleta, pode ser explicada em função das maiores concentrações desse nutriente nas sementes, pois além da disponibilidade de molibdênio na solução do solo para a planta, houve também aplicação de Co e Mo nas sementes. A partir do momento que se intensifica a FBN para constituir ao máximo a área foliar, e conseqüente acúmulo de reservas para o enchimento de grãos (semanas 2, 3, 4, 5 e 6), ocorre uma diminuição na concentração de Mo nos nódulos, pois estava sendo diluído na massa vegetativa que estava se formando. A partir da sétima semana, ocorreu um aumento na concentração de Mo nos nódulos, devido a diminuição da intensidade da FBN, sugerindo o mesmo comportamento do tratamento 1. As concentrações de Mo nas folhas permaneceram baixas ao longo das semanas avaliadas.

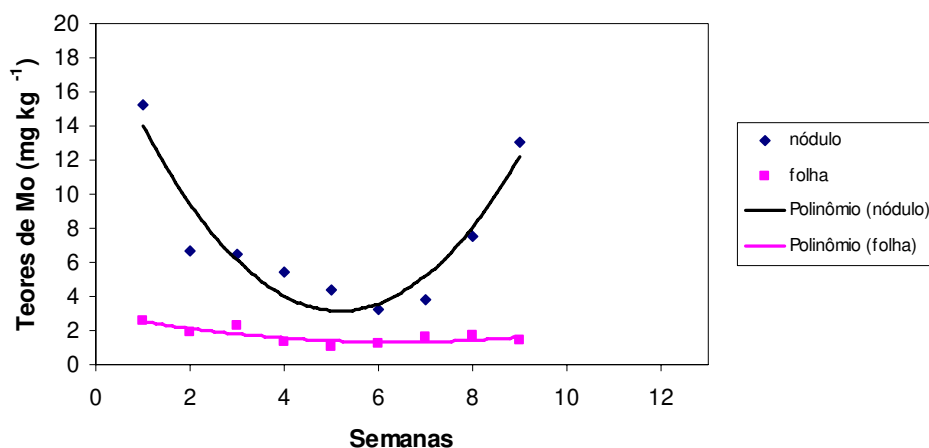


Figura 3 - Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 2.

Em relação ao tratamento 3 (Co e Mo aplicados no estágio V<sub>4</sub>, que coincidiu com a primeira semana), observa-se, pela Figura 4, que as concentrações de Mo nos nódulos mantiveram praticamente o mesmo comportamento em relação aos tratamentos anteriores, ou seja, baixas concentrações quando o processo de FBN foi intenso. Houve um leve acréscimo a partir da terceira semana, e manteve-se praticamente constante até a sexta semana. A partir da sétima semana, pode-se observar que ocorreu um aumento nos teores de Mo nos nódulos, conforme já discutido nos tratamentos anteriores. Com relação às folhas, a concentração de Mo foi maior entre a segunda e quarta semanas, tendo ocorrido, logo em seguida, um ligeiro decréscimo até a décima semana, sugerindo translocação de Mo das folhas para os nódulos e grãos. As maiores concentrações ocorridas entre a segunda e quarta semanas se devem ao fato de a aplicação de Co e Mo ter ocorrido na primeira semana.

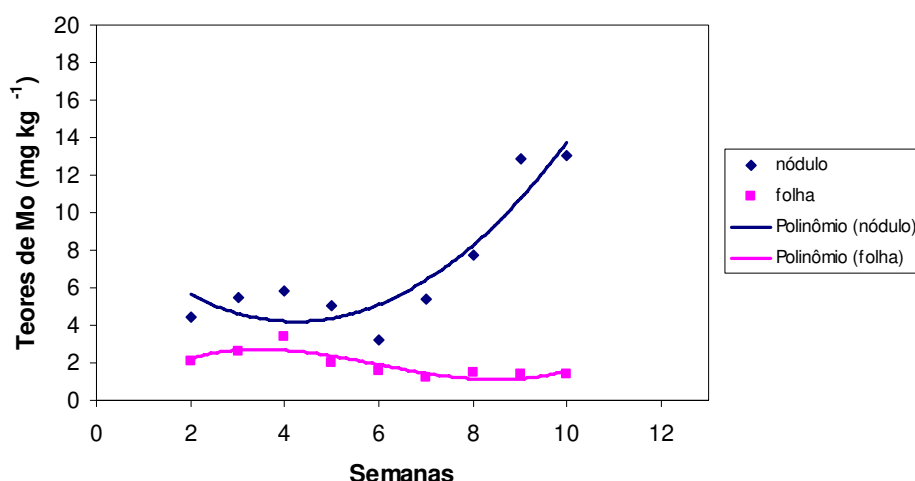


Figura 4 - Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 3.

Para o tratamento 4 (Co e Mo aplicados no estágio V<sub>6</sub>, coincidente com a segunda semana), os teores de Mo nas folhas não variou consideravelmente, não ajustando a equação de regressão, o que justificou fazer somente a média. Na quarta semana, ocorreu um pico, no teor de Mo nas folhas, possivelmente devido à aplicação de Mo que ocorreu na segunda semana. A partir de então, os teores de Mo decresceram, provavelmente ocorrendo

translocação de Mo da folha para os nódulos, que tiveram seus teores aumentados, e para os grãos (Figura 5). A concentração de Mo nos nódulos teve o mesmo comportamento discutido em tratamentos anteriores. As coletas desse tratamento se fizeram até a décima primeira semana, e a partir da décima semana as plantas já se encontravam com vagens com grãos formados, permitindo teores de grãos somente por 2 semanas, o que não justificou ajuste da equação de regressão para grãos.

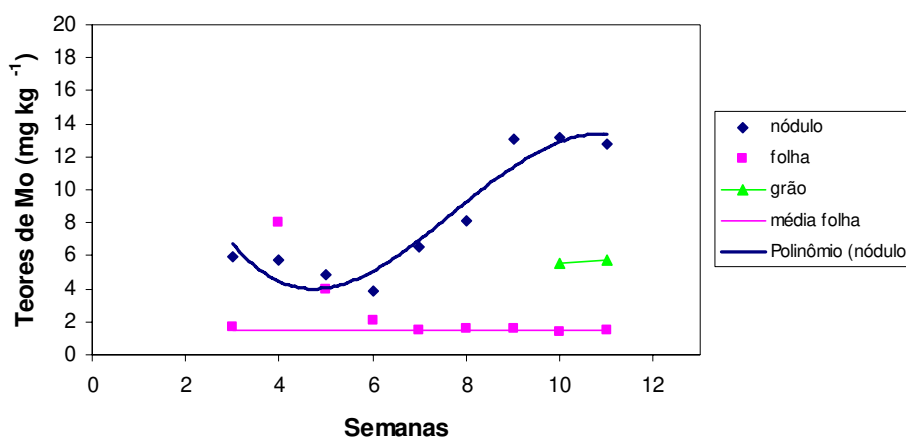


Figura 5 - Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 4.

Para o tratamento 5 (Co e Mo aplicados no estágio R<sub>1</sub>, que coincide com a quarta semana), conforme a Figura 6, observou-se que os teores de Mo nas folhas diminuíram, havendo um efeito quadrático dos conteúdos de Mo e das semanas de coleta, atingindo o mínimo valor entre a nona e décima semana. Nesse período, as plantas já se encontravam com grãos formados e os teores de Mo destes aumentaram durante as três semanas de coleta dos grãos. A equação de regressão, para nódulos, ajustou-se para um polinômio de 3º grau.

Observa-se ainda, nessa figura, que houve translocação de Mo das folhas para os nódulos, que atingiram o ponto máximo entre a nona e décima semana, e ao mesmo tempo, para os grãos que estão sendo formados. As concentrações de Mo nos nódulos mantiveram-se constantes entre a quinta e sexta semana, período em que a FBN ainda era intensa, e a partir da sétima semana aumentaram consideravelmente, obedecendo o mesmo comportamento discutido em tratamentos anteriores. Esse aumento ocorreu até a décima semana, a partir de

então, os nódulos entraram em processo de deterioração, podendo-se observar um declínio em suas concentrações de Mo.

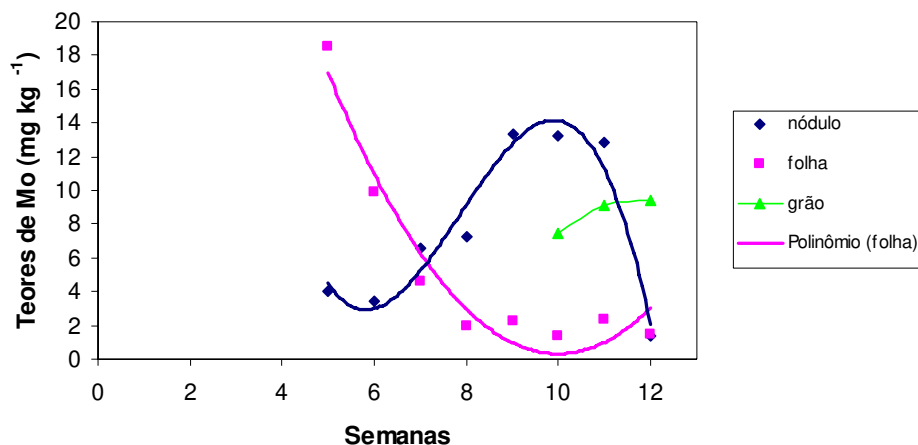


Figura 6 - Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 5.

Em relação ao tratamento 6 (Co e Mo aplicados no estágio R<sub>3</sub>, coincidente com a quinta semana), observa-se, pela Figura 7, que houve um comportamento semelhante ao tratamento 5, ocorrendo translocação de Mo das folhas para os nódulos e para os grãos.

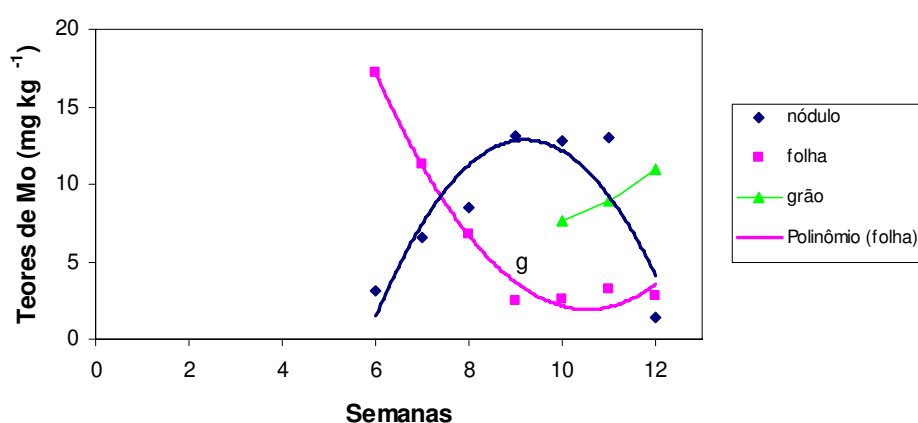


Figura 7 - Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 6.

Em se tratando do tratamento 7 (Co e Mo aplicados na semente e na fase reprodutiva R<sub>3</sub>), observa-se, pela Figura 8, que os teores de Mo nos nódulos não variaram muito, tendo um leve acréscimo a partir da sétima semana. Na quinta semana, esse tratamento recebeu, via foliar a aplicação de 400 g ha<sup>-1</sup> de Mo, o que provocou o aumento nos teores desse micronutriente nas folhas na sexta semana. Provavelmente, a aplicação de doses elevadas de Mo, nessa fase reprodutiva da planta, contribuiu para o enriquecimento das sementes de soja, pois observou-se um decréscimo nos teores de Mo das folhas, a partir da sétima semana, indicando a translocação desse micronutriente para as vagens em fase de enchimento de grãos, apesar de não terem sido feitas coletas semanais de grãos nesse tratamento, uma vez que essas coletas, para o tratamento em questão, foram encerradas na nona semana e as coletas de vagens com grãos formados, nos demais, se deram a partir da décima semana de coleta.

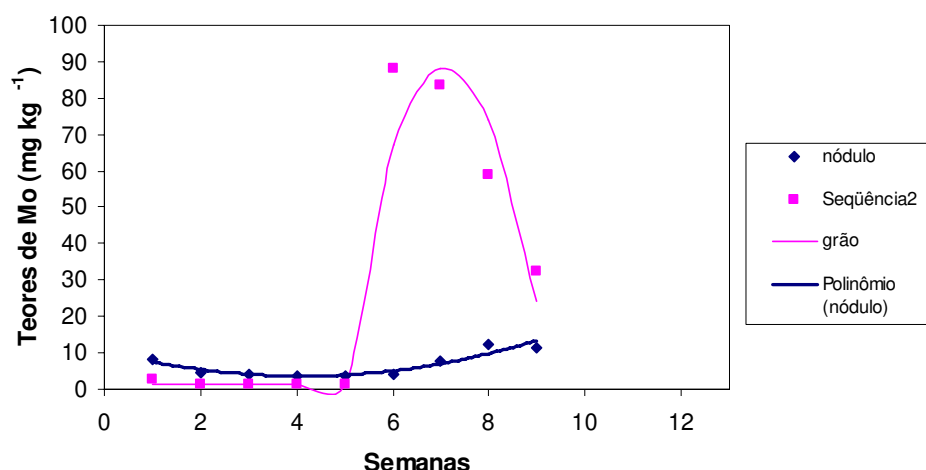


Figura 8 - Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 7.

#### 4.1.2 Teor de molibdênio nos grãos

Quando comparados com a testemunha, somente os tratamentos 2 e 3 não diferiram estatisticamente. Já os tratamentos, que receberam aplicações a partir do estágio V<sub>6</sub>, foram diferentes significativamente da testemunha.

O tratamento 6 diferiu estatisticamente dos tratamentos 2 e 7, porém não diferiu dos tratamentos 3, 4 e 5. Já o tratamento 7 foi diferente significativamente de todos os demais,

conforme Tabela 6. Esses resultados sugerem que aplicações tardias de Mo resultam em maiores concentrações, desse micronutriente, nos grãos. O tratamento 7, que recebeu dose elevada de Mo no estágio R<sub>3</sub>, 400 g ha<sup>-1</sup>, proporcionou maior incremento nos teores de Mo, nos grãos colhidos, tornando-os altamente ricos em Mo. Segundo Campo e Hungria (2002), o uso de sementes ricas de Mo é um método alternativo de fornecimento de Mo que tem apresentado resultados consistentes no aumento da eficiência na FBN e nos rendimentos da soja.

Tabela 6 - Teores observados de molibdênio nos grãos de soja<sup>(2)</sup>, cultivar BRSMG 68. UFU, Uberlândia, 2004/2005.

Tratamentos <sup>1</sup>	Mo mg kg <sup>-1</sup>
1	2,76 a1
2	4,69 a1 a2
3	6,48 a1 a2 a3
4	6,76 a2 a3
5	7,98 a2 a3
6	10,02 a3
7	25,85 a4
C.V	23,53
Média	9,22

<sup>1</sup> 1: Testemunha, sem Co e Mo; 2: 2,5 g.ha<sup>-1</sup> de Co e 80 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, aplicados via semente; 3: 2,5 g.ha<sup>-1</sup> de Co e 80 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, aplicados via foliar em V<sub>4</sub> da soja; 4: 2,5 g.ha<sup>-1</sup> de Co e 80 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, aplicados via foliar em V<sub>6</sub>; 5: 2,5 g.ha<sup>-1</sup> de Co e 80 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, aplicados via foliar em R<sub>1</sub>; 6: 2,5 g.ha<sup>-1</sup> de Co e 80 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, aplicados via foliar em R<sub>3</sub>; 7: 2,5 g.ha<sup>-1</sup> de Co e 20 g.ha<sup>-1</sup> de Mo aplicados via semente e 400 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, aplicado em R<sub>3</sub>.

<sup>2</sup> Médias seguidas por letras e números iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

#### 4.2 Avaliação dos teores de cobalto nas folhas, nódulos e grãos

De acordo com os resultados das análises, realizadas pela EMBRAPA-soja, não houve leitura para os teores de Co, portanto, não foi possível interpretar o comportamento desse micronutriente no trabalho desenvolvido. Isso pode ter ocorrido em função da qualidade do produto utilizado. Ou até mesmo porque os teores de Co e Mo, em tecido vegetal da soja, cerca de 1ppm, estão próximos do limite do ICP (equipamento utilizado para fazer leitura),



portanto, somente amostras com elevado teor desses micronutrientes apresentarão resultados na leitura.

## 5 CONCLUSÕES

- O molibdênio, aplicado via foliar, transloca para os nódulos, e para os grãos, quando a planta atinge a fase de enchimento de grãos.
- A aplicação via foliar de 400 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio, no estágio R<sub>3</sub>, promoveu um incremento nos teores desse micronutriente, nos grãos avaliados na colheita.

## REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; VALADARES, J. M. A. S. O molibdênio em solos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1975, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.107-111.
- BISSANI, C. A.; GIANELLO, C. Utilização de micronutrientes. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 6., 2003, Passo Fundo. **Palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2003. p.52-63.
- BORKERT, C. M. Ganhos em produtividade de culturas anuais com micronutrientes na Região Sul. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5., 2002, Guarapava. **Palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002. p.81-96.
- BORTOLINI, C. G.; PASQUALI, R.M. Incremento de produtividade da soja através da complementação com micronutrientes. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba. **Resumos...** Uberaba, 2003.
- CÂMARA, G. M. S. Fenologia da Soja. In: \_\_\_\_\_. **Soja: tecnologia da produção.** Piracicaba: G.M.S. Câmara, 1998. cap.2, p. 26-39
- CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Importância dos micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA MERCOSOJA, 2., 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 355-366. (Embrapa Soja; Documentos, 180).
- CAMPO, R. J.; ALBINO, U. B.; HUNGRIA, M. **Métodos de aplicação de micronutrientes na nodulação e na fixação biológica do N<sub>2</sub> em soja.** Londrina: Embrapa Soja, 1999. (Embrapa Soja. Pesquisa em Andamento, 19). 7 p.
- CAMPO, R. J.; LANTMAN, A. F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF v.33, n.8, p.1245-1253, 1998.
- CARVALHO, E. A. **Avaliação agrônômica da disponibilização de nitrogênio à cultura de feijão sob sistema de semeadura direta.** 80f. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Sexto levantamento de avaliação da safra 2006/2007:** Março - 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6levsafra.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Correção e manutenção da fertilidade do solo. In: \_\_\_\_\_. **Tecnologias de produção de soja:** Região Central do Brasil 2004. Londrina, Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: ESALQ, 2003. cap. 4, p. 55 – 78.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Inoculação das sementes com *Bradyrhizobium*. In: \_\_\_\_\_. **Tecnologias de produção de soja**: Região Central do Brasil 2004. Londrina, Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: ESALQ, 2003. cap. 7, p. 125 – 130.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FERREIRA, A. 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**, Viçosa, v.49, n. 284, p.443-452, 2002.

FERREIRA, D. F. **Sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/dff02.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2005.

LANTMANN, A. F. **Nutrição e produtividade da soja com molibdênio e cobalto**. Londrina. EMBRAPA/CNPSo, 2002. “XX Ciclo de Reuniões Conjuntas da CESM-PR, Produtores de Sementes, Mudanças e Responsáveis Técnicos”. Disponível em: <<http://www.zoonews.com.br/noticias/2/noticia.php?idnoticia=1154>>. Acesso em: 9 dez. 2005.

LOPES, M. E. B. de M.; LEONEL JÚNIOR, F. L. Efeito da aplicação de fungicidas, cobalto e molibdênio em sementes de soja sobre a sanidade, emergência e produtividade da cultura. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.75, n.1, p.87-86, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 672 p.

MITCHELL, R.L. Cobalt in Soil and its uptake by plants. **Agrochimica**, v.16, p. 521-532, 1972.

PATE, J. S. Functional biology of dinitrogen fixation by legumes. In: HARDY, W. F.; SILVER, W. S. (Ed.). **A Treatise on Dinitrogen Fixation**. New York: J. Wiley, 1977. p. 473-518.

PESSOA, A. C. S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. 1998. 151f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

PIRES, A. A. **Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na cultura do feijoeiro**. 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003

VIDOR, C.; PERES, J. R. R. Nutrição das plantas com Molibdênio e Cobalto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17., 1988, Londrina. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, IAPAR, SBSCS, 1988. cap. 8, p. 179-203.