

**DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE  
POTÁSSIO NA CULTURA DA SOJA [(*Glycine  
max* (L.) MERRILL)] SOB DUAS CONDIÇÕES  
EDAFOCLIMÁTICAS DE MINAS GERAIS**

**JOÃO CHRISÓSTOMO PEDROSO NETO**

**2000**

51111  
M.F.U.  
3599J

DESCARTADO

*mmilanez*  
ASSINATURA

Data 25/07/17

BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA  
UFLA

**JOÃO CHRISÓSTOMO PEDROSO NETO**

**DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA CULTURA DA  
SOJA [(*Glycine max* (L.) MERRILL)] SOB DUAS CONDIÇÕES  
EDAFOCLIMÁTICAS DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do grau de "Doutor".

Prof. Pedro Milanez de Rezende  
(orientador)



**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**  
**2000**

**Ficha Catalográfica preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Pedroso Neto, João Chrisóstomo

Doses e modos de aplicação de potássio na cultura da soja [(*Glycine max* (L.)  
Merrill)] sob duas condições edafoclimáticas de Minas Gerais. / João  
Chrisóstomo Pedroso Neto. –

Lavras : UFLA, 2000

102p. : il.

Pedro Milanez de Rezende.

Tese (Doutorado) – UFLA

Bibliografia

1. Soja. 2. Potássio. 3. Aplicação. 4. Cobertura. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título

CDD-633.34893

**JOÃO CHRISÓSTOMO PEDROSO NETO**

**DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA CULTURA DA  
SOJA [(*Glycine max* (L.) MERRILL)] SOB DUAS CONDIÇÕES  
EDAFOCLIMÁTICAS DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Programa  
de Pós-Graduação em Agronomia, área de  
concentração Fitotecnia, para a obtenção do grau  
de "Doutor".

APROVADA em 22 de novembro de 2000

Profa. Janice Guedes de Carvalho

UFLA

Prof. João Batista Donizeti Corrêa

UFLA

Dr. Francisco Dias Nogueira

EMBRAPA/EPAMIG

Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães

EPAMIG

  
Prof. Pedro Milanez de Rezende UFLA  
(Orientador)

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL**

**Agradeço a DEUS**

**E dedico aos meus pais, Fausto e Dirce Pedroso**

**À minha esposa, Maria Helena**

**E à minha querida filha, Juliana**

## **Agradecimentos**

O autor expressa seus agradecimentos:

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realizar o curso.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela liberação para a realização do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de bolsa de estudos.

À Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba (FAZU), pela cessão da área experimental em Uberaba e pelas análises de óleo e proteína nas sementes.

À Fundação de Amparo a Pesquisa, Ensino e Extensão (FAEPE), pela cessão da área experimental em Lavras.

Ao Departamento de Química da UFLA, pelas análises foliares.

Aos Laboratórios de Solos e Sementes do CTPP/EPAMIG/Uberaba, pelas análises de solos e sementes.

Ao Professor Doutor Pedro Milanez de Rezende, pela orientação.

Aos doutores Francisco Dias Nogueira, Janice Guedes de Carvalho, João Batista Donizeti Corrêa e Paulo Tácido Gontijo Guimarães, pelas colaborações.

Aos funcionários de apoio do Departamento de Agricultura/UFLA, EPAMIG/Uberaba e FAZU/Uberaba pelo auxílio na instalação, condução e colheita dos experimentos.

Aos colegas de curso, pela amizade e companheirismo.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A cultura da soja.....	3
2.2 Exigência mineral.....	3
2.3 O Potássio no solo.....	5
2.3.1 Mineralogia.....	5
2.3.2 Formas e disponibilidade.....	6
2.3.3 Relação do potássio com outros nutrientes.....	9
2.4 Potássio na planta.....	12
2.4.1 Absorção, transporte e redistribuição .....	12
2.4.2 Funções e sintomas de deficiência.....	14
2.4.2.1 Resistência às pragas e doenças .....	16
2.5 Manejo da adubação potássica para a soja.....	17
2.5.1 Resposta da soja à adubação potássica.....	17
2.5.2 Resposta da soja a modos de aplicação de potássio.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Locais.....	25
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	28
3.3 Instalação e condução dos experimentos.....	29
3.4 Variáveis avaliadas.....	30
3.4.1 Produtividade.....	30
3.4.2 Germinação, vigor e peso de 100 sementes.....	30
3.4.3 Altura de planta e de inserção do 1º legume, estande final e acamamento.....	30

3.4.4 Teores e rendimentos de óleo e proteína.....	31
3.4.5 Análises foliares.....	31
3.4.6 Análises dos solos após colheita .....	31
3.4.7 Análises estatísticas.....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
4.1 Características agronômicas.....	33
4.1.1 Produtividade de grãos .....	33
4.1.2 Germinação de sementes.....	35
4.1.3 Vigor de sementes .....	36
4.1.4 Peso de 100 sementes.....	38
4.1.5 Teores de óleo.....	38
4.1.6 Rendimento de óleo .....	42
4.1.7 Teores de proteína .....	43
4.1.8 Rendimento de proteína .....	43
4.1.9 Altura de planta, altura de inserção do 1º legume e acamamento .....	44
4.2 Análises foliares .....	46
4.2.1 Nitrogênio .....	46
4.2.2 Fósforo.....	47
4.2.3 Potássio .....	48
4.2.4 Enxofre.....	50
4.2.5 Cálcio.....	50
4.2.6 Magnésio.....	53
4.2.7 Relação entre cálcio e potássio.....	54
4.2.8 Relação entre magnésio e potássio.....	56
4.2.9 Boro, manganês, zinco e ferro .....	57
4.3 Análises dos solos após colheita.....	60
4.3.1 Potássio solúvel.....	60

4.3.2 Porcentagem de saturação por potássio.....	63
4.3.3 Cálcio trocável .....	64
4.3.4 Porcentagem de saturação por cálcio .....	66
4.3.5 Magnésio trocável .....	67
4.3.6 Porcentagem de saturação por magnésio .....	70
4.3.7 Relação entre cálcio e potássio.....	73
4.3.8 Relação entre magnésio e potássio.....	75
5 CONCLUSÕES.....	79
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	88

## **Biografia**

João Chrisóstomo Pedroso Neto nasceu em Lavras, Minas Gerais, no dia 13 de março de 1958. Em 1976 iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Escola Superior de Agricultura de Lavras/ESAL, tendo concluído em julho de 1980.

Em 1982 iniciou curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas na Escola Superior de Agricultura de Lavras/ESAL, tendo concluído em 1984.

Em 1984 foi contratado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG- como pesquisador na área de solos de cerrado e análise de solos, cargo que ocupa até o momento no Centro de Pesquisa Agropecuária do Triângulo e Alto Paranaíba, em Uberaba, Minas Gerais.

Em 1987 ingressou na Faculdade de Agronomia de Ituverava/FAI, São Paulo onde exerceu os cargos de Chefe do Departamento de Química, Solos e Tecnologia e de professor nas disciplinas de Gênese, Morfologia e Classificação do Solo, Natureza, Propriedades e Classificação do Solo, Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas e Adubos e Adubação até 1993.

Em 1990 ingressou na Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba/FAZU onde exerce, até o momento, a função de professor das disciplinas Natureza, Propriedades e Classificação do Solo, Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas e Adubos e Adubação.

## RESUMO

**PEDROSO NETO, João Chrisóstomo Doses e modos de aplicação de potássio sobre a cultura da soja [*glycine max(L), Merrill*] sob duas condições edafoclimáticas de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2000. 102p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia)\***

Com o objetivo de estudar o efeito de doses e modos de aplicação de K na produtividade e qualidade de sementes de soja, implantaram-se dois ensaios, em Lavras (PVA, argiloso) e Uberaba (LV, franco-arenoso), ambos com baixa disponibilidade de K solúvel. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial  $(3 \times 4) + 1$ , envolvendo três modos de aplicação (plantio, parcelado e cobertura), quatro doses (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), e testemunha, sem K. Em Uberaba, observou-se efeito da interação entre modos de aplicação e doses de potássio sobre a produtividade de grãos, uma vez que quando o nutriente foi aplicado em cobertura, houve resposta a doses; no entanto quando a adubação foi feita no plantio ou parcelada, não se observaram respostas as doses. Também a aplicação do potássio, independente da dose ou do modo, promoveu aumento na produtividade de grãos e rendimentos de óleo e proteína. Já o vigor de sementes foi afetado pelas doses crescentes de K, independente do modo de aplicação. Em Lavras, as aplicações de K no plantio ou parcelado, independente da dose, promoveram aumento na produtividade de grãos, quando comparadas com a aplicação em cobertura. Já o teor de óleo foi afetado pela interação entre doses e modos de aplicação, uma vez que a aplicação no plantio promoveu resposta crescente, e as aplicações em cobertura e parcelada resposta decrescente. Em Uberaba, as aplicações de K no plantio ou parcelado, independente da dose, promoveram aumento nos teores foliares de N e Ca, além da relação foliar Ca/K, quando comparadas com a aplicação em cobertura. Em Lavras, os teores foliares de Ca e Mg e as relações Ca/K e Mg K diminuíram com as doses crescentes de K. Ainda em Lavras, a relação foliar entre Ca e K foi inferior quando o macronutriente foi aplicado em cobertura, quando comparada com os outros dois modos de aplicação. Com relação às características dos solos após a colheita, observou-se, em Uberaba, aumento no teor de K solúvel e na porcentagem de saturação de K com as doses do nutriente. Os teores de Ca e Mg, as porcentagens de saturação dos mesmos e as relações entre o Ca e K e entre o Mg e K diminuíram com as doses de K. Em Lavras, observou-se aumento no K solúvel quando o elemento foi aplicado no plantio e diminuição do Mg trocável, quando o K foi aplicado em cobertura. Também a relação Mg/K diminuiu com as doses de K.

---

\*Comitê Orientador: Dr. Pedro Milanez de Rezende—UFLA (Orientador); Dra. Janice Guedes de Carvalho—UFLA (co-Orientadora).

## ABSTRACT

**PEDROSO NETO, João Chrisóstomo. Doses and modes of application of potassium upon soybean crop [( *Glycine max*(L.), Merrill)] under two edafoclimatic conditions in the Minas Gerais State . Lavras: 2000. 102 p (Thesis-Doctorate in Crop Science )\***

With the objective of studying the effect of doses and mode of application of K on yield and quality of soybean seeds, two trials were set up in Lavras ( Red-Yellow Podzolic, clayey) and Uberaba (Dark-Red Latosol sandy-loam), both with low availability of soluble K. The experimental design utilized was in randomized blocks with four replicates in factorial scheme (3x4)+1, encompassing three modes of application (planting, split and top dressing), four doses (40, 80 , 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O) and check, without any K. In Uberaba, the effect of interaction between application modes and K doses on the productivity of grains, since, when the nutrient was applied at the doses, however, when the fertilization was made at the planting or split no responses to the doses, and the application of K, regardless of the dose or mode, promoted increase in grain, oil and protein yields. But, seed vigor was affected by the growing doses of K, independent of the mode of application. In Lavras, the applications of K at planting or split independent of the dose promoted increase in grain yield as compared with topdressing. Oil content was affected by the interaction between doses and modes of application since the application at planting promoted growing response and the topdressing and split applications, decreasing the response. In Uberaba, the applications of K at planting or split , independent of the dose promoted increase in the leaf contents of N and Ca, in addition to leaf C/K ratio as compared with the topdressing. In Lavras, the leaf Ca/K ration was lower when the K was applied in topdressing as compared with the other two modes of application. Still in Lavras The leaf ratio between Ca and Mg was inferior when the macronutrient was applied in topdressing, when as compared with the other two ways of application. As regards the characteristics of the soils after harvest, increase in the soluble K content and the percentage of K saturation with doses of nutrients was found in Uberaba. The contents of Ca and Mg the percentage of saturation of them and ratios between Ca and K and between Mg and K decreased with the doses of K. In lavras, increased soluble K when the K was applied at planting and decreased exchangeable Mg when K was topdressing. Was observed also the Mg/K ratio decreased with the doses of K

---

\*Guidance committee: Dr. Pedro Milanez de Rezende-UFLA (Major professor);  
Dra. Janice Guedes de Carvalho-UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill]), leguminosa de grande importância econômica, tem seu centro de origem na Ásia, onde foi domesticada e cultivada, sendo posteriormente introduzida na Europa e, mais recentemente, nos Estados Unidos e Brasil. Por ser uma planta originalmente cultivada em maiores latitudes, a soja foi introduzida primeiramente do Rio Grande do Sul, onde adaptou-se bem, assim como nos demais Estados do Sul.

A partir da década de sessenta, com a abertura de uma imensa fronteira agrícola, o cerrado, a cultura expandiu-se rapidamente, sendo hoje produzida em todas as regiões do Brasil. A sua chegada ao cerrado mineiro deu-se no início dos anos sessenta e, como era de se esperar, as produtividades apresentaram-se muito baixas, não ultrapassando a  $441 \text{ kg ha}^{-1}$ .

No ano agrícola 1998/1999, foram plantados em Minas Gerais 563 mil hectares com soja, com uma produção de 1.278.00 ton e uma produtividade média de  $2.270 \text{ kg ha}^{-1}$ , ou seja, 414% a mais do que a média obtida há 40 anos atrás. (Dantas Filho, 1999)

Tal incremento deve-se principalmente ao ganho genético nesses anos, com cultivares adaptadas às condições climáticas do cerrado e tolerantes às pragas e doenças, e às melhorias nas condições químicas dos solos, principalmente relacionadas com elevada acidez e baixa fertilidade natural dos mesmos (Lopes, 1983). Atualmente, utilizando o potencial genético já existente e otimizando a fertilidade do solo, pode-se atingir produtividades próximas a  $4000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Uma vez corrigida a acidez do solo, pode-se considerar os baixos níveis do K, juntamente com os de P, como os fatores que mais podem limitar a meta de  $70 \text{ sacos ha}^{-1}$ . O P, por causa de sua baixa mobilidade no solo, deve ser

totalmente aplicado no sulco de plantio (CFSEMG, 1999). O K, por outro lado, apresenta uma elevada mobilidade no solo (Malavolta,1985), principalmente naqueles arenosos e/ou que sejam submetidos a elevado índice pluviométrico.

Trabalhos com dinâmica de absorção de K pela soja têm mostrado que a quase totalidade do elemento absorvido pela planta durante todo o ciclo ocorre entre o trigésimo e o sexagésimo dia após o plantio (Peterson e Barber, 1981). Por outro lado, pela falta de resultados de pesquisa quanto à prática da adubação potássica em cobertura na soja, tal ação já é comum entre grandes produtores de MG, GO e MS.

Com presente trabalho objetivou-se estudar combinações entre doses e modos de aplicação de K, visando obter a máxima produtividade agronômica e melhoria nas características de qualidade da semente e do solo

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A cultura da soja**

No Brasil, a soja foi introduzida na BA, em 1882, por Gustavo D'utra, de onde foi levada para SP, tendo os primeiros resultados experimentais sido relatados em 1892. A partir de SP a cultura foi introduzida nos Estados do Sul, mais notadamente no RS. Até a década de 40, sua importância agrícola era insignificante no contexto nacional e, por causa do pequeno volume produzido, não aparecendo nos levantamentos estatísticos.

Segundo Tanaka e Mascarenhas (1992), a partir das décadas de 70 e 80 observou-se sua expansão nos estados tradicionalmente produtores agrícolas da Região Sul e nas novas fronteiras agrícolas do Brasil central, principalmente nos Estados do MT, MS, GO e MG. Tal expansão ocorreu graças aos esforços da pesquisa agropecuária brasileira no sentido de se criar cultivares adaptadas às baixas latitudes e a solos de baixa fertilidade natural, como se caracterizam aqueles sob vegetação de cerrado.

### **2.2 Exigência Mineral**

Diversos fatores influenciam a absorção de nutrientes por uma espécie vegetal, destacando-se as condições climáticas, como temperatura e umidade, as diferenças genéticas entre cultivares de uma mesma espécie, teores dos nutrientes no solo e tratos culturais. Na Tabela 1 encontram-se os resultados médios de nutrientes contidos em 1000 kg de grãos e em 1000 kg de restos culturais (EMBRAPA, 1999).

TABELA 1. Quantidades de nutrientes absorvidos pela cultura da soja. UFLA, Lavras, 2000.

PARTE DA PLANTA	N	P	K	Ca	Mg	S	
	kg ha <sup>-1</sup>						
GRÃOS	51	10,0	20	3,0	2,0	5,4	
RESÍDUOS CULTURAIS	32	5,4	18	9,2	4,7	10,0	
TOTAL	83	15,4	38	12,2	6,7	15,4	
PARTE DA PLANTA	B	Cl	Mo	Fe	Mn	Zn	Cu
	g ha <sup>-1</sup>						
GRÃOS	20	237	5	70	30	40	10
RESÍDUOS CULTURAIS	57	278	2	390	100	21	16
TOTAL	77	515	7	460	130	61	26

A maior exigência da cultura da soja é por N e K, seguindo-se o P, S, Ca e Mg. Com relação aos micronutrientes, deve-se salientar as pequenas quantidades exigidas pela cultura, embora sejam essenciais para a obtenção de produtividades satisfatórias (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).

Com relação ao fornecimento de nutrientes à cultura, destaca-se o N, que é fornecido basicamente via fixação simbiótica da leguminosa com estirpes da bactéria *Bradyrizobium japonicum*, principalmente quando as condições de solo são propícias ao estabelecimento dessa simbiose (Freire, 1992). Já o P, nutriente praticamente imóvel nos solos (Malavolta, 1976), aumenta a sua disponibilidade quando aplicado no sulco de plantio em solo corrigido. O uso de superfosfato simples, como fonte de P, fornece também S, como elemento acompanhante. A acidez elevada constitui-se problema para maior produtividade das culturas, existindo diversos trabalhos que tratam sobre a definição da acidez, sua correção e seus efeitos sobre as plantas de soja (Raij, 1991; Lopes, 1983; Mascarenhas, 1990; Sousa, Lobato e Miranda, 1993). No entanto, devido à presença, em

grande escala, de calcário, principal corretivo da acidez do solo, na região do cerrado, o problema é minimizado, existindo diversos trabalhos que atestam a viabilidade econômica da calagem (METAMIG, 1982). O Ca e o Mg são supridos pela calagem, com calcário dolomítico, (Alcarde, 1992), e em teores elevados, podem causar desequilíbrio em relação ao K e aos micronutrientes.

Dentre os micronutrientes, somente o Mn, em caso de calagem excessiva (Sousa, 1997), e o molibdênio, componente da nitrogenase, enzima responsável pela fixação simbiótica de nitrogênio, têm mostrado respostas pela cultura da soja (Tanaka e Mascarenhas, 1992). No entanto, uma aplicação preventiva de micronutrientes é preconizada para o bom desempenho da cultura (Sousa, Lobato e Miranda, 1993).

## **2.3 O potássio no solo**

### **2.3.1 Mineralogia**

O K encontra-se presente na maioria das rochas em combinação com outros elementos, principalmente com Al e sílica, sob a forma de silicato de Al e K, em minerais tais como ortoclásio, muscovita e biotita. O ortoclásio, à exceção dos demais, apresenta baixa resistência ao intemperismo, liberando o nutriente mais facilmente para a solução. (Tavola, 1982).

Lopes (1982) cita que dentre os minerais primários que contém K, destacam-se, pela sua maior ocorrência e importância, os feldspatos potássicos e as micas. Dentre os minerais primários com K, os feldspatos são os primeiros na seqüência de intemperização: feldspato > illita > muscovita = biotita. As micas, tais como muscovita, biotita e illita, são minerais primários do grupo dos filossilicatos que se apresentam em forma de camadas. Segundo Goedert, Corey e Syers

(1975), a seqüência de intemperismo desse grupo de minerais é a seguinte: mica→vermiculita→caulinita→gibbsita→óxidos hidratados de Fe e Al.

Na avaliação da disponibilidade de K para as plantas, torna-se necessário o conhecimento dos fatores que a afetam, destacando-se as características mineralógicas do solo e das suas frações granulométricas, tais como a natureza e quantidade de minerais primários ricos em K, o tipo e quantidade de minerais secundários ou argilominerais (Ricci et al. 1989). Em seus trabalhos, o autor concluiu que o silte foi a fração que apresentou uma mineralogia mais rica, com presença, ainda, de minerais primários. Já a fração argila apresentou-se mais pobre que o silte mineralogicamente, no entanto, devido a maior proporção em que se encontra, em alguns solos, pode ser considerada grande fornecedora de K para as plantas. Também ficou evidente que somente pela avaliação conjunta de todas as formas de K, dos seus valores de potencial e do poder tampão, poderá, então, predizer a capacidade de suprimento desse nutriente dos solos a curto, médio e longo prazo.

Por sua vez, Silva et al. (1995), trabalhando com dois LV, testaram a hipótese de que a forma trocável não é a única fonte de K nesses solos. Através do fracionamento das frações areia, silte e argila, concluíram que, em ambos os solos, a forma trocável não foi a única fonte de K para as plantas e, identificaram minerais micáceos nas frações silte fino a médio e fração argila grossa e argilominerais 2:1 na fração argila. Possivelmente os primeiros sejam as fontes de “K não trocável”, sendo que os minerais 2:1 podem estar associados à liberação do “K não trocável”.

### **2.3.2 Formas e disponibilidade**

No solo, o K encontra-se em quatro formas (Malavolta,1985): K da rede cristalina, que representa a fração do K total do solo participante da estrutura dos

minerais, constitui a principal fonte de K para o solo, principalmente aqueles originados de micas e feldspatos apresentando de 90 a 98% do K total do solo; K da matéria orgânica, representando a fração do K total do solo que se encontra imobilizado na forma orgânica, podendo ser disponibilizado a curto prazo em condições ideais de pH, umidade e temperatura do solo, correspondendo de 2 a 10%; K trocável ou a fração do K total do solo que se encontra adsorvida aos sítios de troca de cátions do solo, portanto, prontamente disponível para as plantas correspondendo a 1%. Em solos altamente intemperizados, como os sob cerrado, a forma trocável tem sido utilizada para indicar a disponibilidade imediata de K, uma vez que as formas não trocáveis apresentam contribuição insignificante. No entanto, em solos pouco intemperizados, as formas não trocáveis parecem contribuir de forma apreciável para a nutrição potássica das plantas. Segundo Prezotti e Defelipo (1987), o teor de K trocável constitui-se num bom índice para definir o potencial do solo em suprir a planta. No entanto, diversos autores tentam melhorá-lo com a introdução das relações do K com o Ca e com a capacidade de cátions; K solúvel ou a fração do K total do solo que se encontra solubilizado na solução do solo. É a fração efetivamente absorvida, e na absorção, o contato do cátion com a rizosfera ocorre preferencialmente pelo processo de difusão (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).

Por outro lado, Yamada (1983) relata que o K encontra-se em três formas principais no solo, num equilíbrio dinâmico, sendo elas: K não trocável, representada pelos minerais potássicos primários e as formas não prontamente disponíveis, fixadas entre as camadas das argilas 2:1 e 2:2, sendo de pouca importância para os solos tropicais; K trocável, representado pelo K adsorvido no complexo coloidal do solo e, K solúvel, que é prontamente absorvido pelas plantas.

No entanto, os solos sob cerrados, principalmente os Latossolos, apresentam, em sua grande maioria, baixa saturação por bases, na qual se inclui o K (Lopes, 1983). Isso é explicado pelo baixo conteúdo de minerais com K, tais como as micas e os feldspatos e também pelo elevado índice de intemperização a que vêm sendo submetidos os citados solos, principalmente no que diz respeito à lixiviação do elemento.

A intensidade de lixiviação nesse nutriente depende de vários fatores, destacando-se a textura do solo (Espinosa e Reis, 1982) e a precipitação. Uma interação desses dois fatores, solo arenoso com baixa capacidade de troca de cátions, submetido à elevada precipitação, comum por ocasião da implantação da cultura, poderá favorecer a lixiviação de todo o K aplicado no plantio, num período de 30 dias.

A disponibilidade do K no solo depende de vários fatores, e Tisdale et al. (1995) destacam o teor de argila, a capacidade de troca de cátions, a porcentagem de saturação do nutriente na CTC, a capacidade de fixação de K, a concentração do elemento no subsolo e o comprimento de raízes, a umidade, a temperatura, a aeração, o pH, os teores de Ca e Mg e outros nutrientes. Também fatores relacionados à planta são citados, destacando-se a CTC das raízes, o tipo de raiz, o cultivar ou híbrido, a população de plantas, o espaçamento e a faixa de produtividade.

A situação agrava-se ao observar a dinâmica de absorção de K pela soja, onde 95% do total ocorre após o trigésimo dia do plantio (Flannery, 1986). Desta forma, mesmo sendo feita a adubação normal de plantio, a planta não poderá ter K disponível no momento em que mais precisar.

Há, portanto, a necessidade de se avaliar a viabilidade técnica do parcelamento do K na cultura da soja. No entanto, mesmo que se mostre tecnicamente viável, a aplicação em cobertura exige uma atividade a mais no

manejo da cultura, com conseqüente reflexo do custo de produção. Dessa forma, é necessário que os dados obtidos sejam ajustados a uma superfície de resposta que melhor lhes representem, permitindo assim a definição de combinações entre doses e modos de aplicação de K que proporcionem maiores lucros.

### 2.3.3 Relação do potássio com outros nutrientes

Trabalhando com a soja cultivada em solução nutritiva, Ventura (1987) constatou que a aplicação de  $234 \text{ mg dm}^{-3}$  de K promoveu a diminuição dos teores foliares de P, Ca, Mg, Mn, Fe e Zn e aumentou os teores de K. Os teores de nitrogênio, B e S não foram afetados pelo aumento das doses de K na solução.

Novo et al. (1997), estudando o efeito do N e do K sobre a soja, cultivadas no inverno, em três locais do interior de São Paulo, observaram que a aplicação de N favoreceu o crescimento de raiz, da parte aérea e o acúmulo de N nas folhas. Não foi detectado efeito do K sobre as variáveis avaliadas, mas houve efeito diferencial de cultivar na absorção do elemento, sendo que a IAC-14 foi mais exigente que as demais cultivares testadas.

A interação do K com o P é discutida por Usherwood (1982) que, trabalhando com doses crescentes de P, observou aumentos nos teores de K no subsolo. Os resultados foram interpretados como sendo efeito do P na lixiviação do K ou uma melhoria da fertilidade do subsolo e do ambiente radicular, favorecidos por um bom nível de umidade, o que ajuda a diminuir o estresse na cultura durante os verânicos.

Segundo Raij (1982), é fato conhecido na troca iônica que as relações entre K, Ca e Mg afetam os teores do primeiro elemento na solução do solo. Dentro desse enfoque, o autor salienta que, basicamente, quanto maiores os teores de Ca e Mg no solo, menor será a disponibilidade de K. Também observa-se que a relação entre Ca e Mg e a porcentagem de saturação por K podem correlacionar

melhor com as respostas de culturas à adubação potássica. Usherwood (1982), cita que a interação do K com o Mg frequentemente pode ocorrer para culturas cultivadas em solos pobres em Mg ou para culturas que requerem grandes quantidades de K para uma alta produção e boa qualidade de grãos. Quando o K é aplicado em uma cultura que é responsiva, o teor de Mg nos tecidos da planta caem a níveis abaixo do exigido para uma ótima produção. O autor cita, ainda, que interações significativas do Ca com o K podem ocorrer quando um solo é deficiente em um ou em ambos os nutrientes.

De acordo com Silva e Ritchey (1982), modificações nos teores de K, Ca e Mg no solo afetam a absorção desses nutrientes pelas plantas em virtude da competição pelos mesmos sítios de absorção, principalmente, K e Mg. Muzilli (1982) cita que, para a soja, pequenas doses de K apresentam efeito sinérgico com o Ca e o Mg. Entretanto, doses elevadas de K diminuíram a absorção de Ca e Mg pela cultura, da mesma forma que existe o efeito negativo pela aplicação de Ca e Mg em excesso, na absorção do K.

Trabalhando em um Latossolo Vermelho-Escuro, Ritchey et al. (1987) observaram que a redução na produção e na qualidade de sementes esteve associada à redução dos teores de K e/ou Mg no solo. Os teores de K nas folhas correlacionaram correlacionados os teores de K no solo, ao passo que os teores de Mg nas folhas foram inversamente correlacionados aos níveis de K no solo.

Alvarenga e Lopes (1988), citando vários autores, relatam a existência de uma correlação negativa entre os teores de Ca e Mg em relação ao K. Na cultura do milho, o aumento no suprimento e nos teores de K nas folhas correlacionou-se inversamente com os níveis de Ca e Mg. No mesmo ensaio, mantendo-se constantes os níveis de K e Ca e aumentando o Mg, foram observados aumento de Mg e diminuição do K nas folhas. Verificou-se, ainda, que a redução de Mg pela presença de K é mais intensa que o inverso. Também concluíram que a

disponibilidade de K parece estar mais relacionada com a quantidade total presente no solo, apesar de ser também influenciada pela concentração de Ca e Mg. Alvarenga e Lopes (1988) compararam em um LR distrófico, textura muito argilosa, doses crescentes de K em quatro formas de aplicação. Concluíram que aumentos nas doses de K aplicadas implicam maiores teores de K disponível no solo, além de causar alterações nos teores de Ca e Mg no solo, promovendo o alargamento da relação entre Ca e Mg e pouca interferência nas relações entre Ca e K e entre Mg e K.

Ensaio com soja, em solução nutritiva, conduzidos por Fonseca e Meurer (1997) mostraram o efeito do K sobre a absorção de Mg. Segundo os dados obtidos, o K inibiu a absorção do Mg por afetar a sua cinética de absorção. Quando a concentração de Mg na solução externa foi alta, o K não inibiu a sua absorção. Quando, porém, a concentração foi baixa, concentrações de K superiores a  $C_{mim}$  inibiram a absorção de Mg pelas plântulas, reduzindo acentuadamente seu influxo. Tais resultados podem ser explicados pela alta demanda de K pela planta, o que eleva a taxa de absorção pelas raízes. Desse modo, a interface solo-raiz é muito mais rapidamente exaurida de K do que de Mg, favorecendo o crescimento do influxo do macronutriente secundário. Em solos onde os teores de K são muito altos, a exaustão do nutriente junto à superfície radicular é necessária para uma adequada nutrição do Mg pelas plantas.

Scherer (1998), trabalhando em um LH, observou que a relação foliar entre o Mg e o K da ordem de 0,33 a 0,40 parece ser as mais indicadas para a obtenção de altas produtividades na cultura da soja.

Objetivando estudar a capacidade do solo em fornecer Mg para a soja em associação com adubação potássica e calcário, Roselem et al. (1992) observaram que a absorção de Mg pela soja é mais uma função do K disponível do que

propriamente do Mg trocável no solo. Nas condições do ensaio, as maiores produtividades foram obtidas quando a relação entre Mg e K das folhas estiveram entre 0,15 e 0,29 , para a cultivar Cristalina, e a relação entre K e Mg do solo era maior do que 0,05.

Segundo Goedert, Corey e Syers (1975), a calagem provocou decréscimo da quantidade de K na solução, embora mantendo o mesmo nível de K trocável. Isso permitiu concluir que embora a calagem diminui a suscetibilidade do K em lixiviar, ela também pode reduzir o K na solução a níveis que podem causar deficiência nas plantas

Para Mascarenhas et al. (1988), além do uso contínuo de fórmulas com baixos teores de K, outro fator que colabora para o surgimento e agravamento da deficiência generalizada desse nutriente é a correção da acidez do solo pela calagem, para elevação do índice de saturação por bases a 70%, o que leva a um desequilíbrio entre Ca, Mg e K. Outro fator importante, que também pode contribuir para o desequilíbrio entre esses nutrientes, é a perda de K por lixiviação, especialmente em solos arenosos.

## **2.4 O potássio na planta**

### **2.4.1 Absorção, transporte e redistribuição**

O K solúvel pode atingir a rizosfera por difusão ou fluxo de massa. A quantidade do nutriente difundida depende diretamente da intensidade do mesmo na solução e indiretamente da quantidade de K trocável que se encontra adsorvido aos sítios de troca. A movimentação por fluxo de massa depende da quantidade de água consumida pela planta e de sua concentração na solução. (Tisdale e Nelson, 1995)

A existência de carreadores iônicos de natureza enzimática explicam os mecanismos de absorção ativa de íons pelas plantas. Entretanto, nesses carreadores apresentam um número finito de sítios de ligação. Assim, a eficiência no processo absorptivo de um nutriente qualquer pode ser dada através dos parâmetros cinéticos  $K_m$ ,  $V_{máx}$  e  $C_{mín}$ , segundo Sacramento e Roselem (1997). Esses autores relatam ainda que a cinética de absorção de K compreende-se pelo conjunto dos mecanismos que ocorrem na membrana para seu acúmulo em células radiculares. Algumas hipóteses são lançadas para a elucidação desses mecanismos, relatando o envolvimento de carreadores de natureza enzimática que facilitam a passagem do íon  $K^+$  pelas duplas camadas lipídicas das membranas. Alguns trabalhos indicam a atuação da enzima ATPase como uma bomba prótonica responsável pela geração e manutenção de um gradiente eletroquímico na membrana, permitindo o transporte do K e outros nutrientes catiônicos. A cinética de absorção do K varia em função do estado nutricional, da idade da planta e da cultivar; além disso, as plantas fazem ajustes fisiológicos no sentido de melhorar diretamente o influxo de K e, indiretamente, a nutrição das plantas cultivadas sob insuficiência de K.

De acordo com Mengel e Kirkby (1982), o K apresenta grande mobilidade na planta, sendo que o transporte se dá preferencialmente em direção aos tecidos meristemáticos. A razão desse acúmulo nos tecidos mais novos não é bem conhecida, mas provavelmente está associada à síntese de proteínas, à taxa de crescimento e ao suprimento de citocininas.

Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), o K é um nutriente móvel no floema, o que explica o fato de os sintomas de deficiência ocorrerem, primeiramente, nas folhas mais velhas. É absorvido na forma catiônica  $K^+$ , sendo facilmente translocado pela planta, de tal forma que a sua deficiência manifesta-se nas folhas mais velhas, através do amarelecimento de suas margens na forma

de um “V” invertido, e, num estágio mais avançado, observa-se necrose em toda folha.

#### **2.4.2 Funções e sintomas de deficiência**

O K é, depois do nitrogênio, o nutriente em maior concentração no tecido vegetal (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997; Mengel e Kirby, 1982), sendo fundamental nos processos de uniformização do tamanho dos legumes; tamanho dos grãos; transporte de assimilados (proteínas e óleo), pelo floema até os grãos; resistência ao acamamento; resistência ao ataque de pragas e doenças e resistência à seca, por meio de controle dos teores de ácido abscísico nas células guarda dos estômatos.

Mascarenhas et al. (1988) citam que culturas mal nutridas em K apresentam plantas sem legumes no terço superior, legumes vazios e retorcidos, senescência anormal, além de retenção foliar e florescimento de novo, devido ao não pagamento da primeira florada. Os autores citam ainda que o K ajuda na formação de nódulos, reduz a deiscência dos legumes, aumenta os teores de óleo nos grãos e, também, beneficia sua germinação e vigor, além de aumentar sua resistência ao fungo *Diaporthe phaseolorum sojæ*.

Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) definem três tipos de sintomas de deficiência: os visíveis, os anatômicos e os químicos. Os principais sintomas visíveis são: clorose e depois necrose das margens e pontas das folhas, internódios mais curtos em plantas anuais, diminuição da dominância apical, menor número de legumes por planta e sementes por legume, deficiência induzida de Fe. Dentre os sintomas anatômicos, destacam-se a diferenciação prejudicada dos tecidos condutores e a perda da atividade cambial. Já os sintomas químicos mais observados são: aumento das frações de N alfa amídico e amínico, aumento no

teor de putrescina e ácidos orgânicos e diminuição nos teores de açúcares e amido nos órgãos de reserva.

Segundo Griffith (1993), plantas de soja mal nutridas em K vão ter menor crescimento de raízes, maturação desuniforme, hastes fracas, enrugamento e doenças nas sementes, menor fixação de N e maior susceptibilidade à seca.

Tanaka, Mascarenhas e Borkert (1993) citam que o K atua sobre o metabolismo e formação dos carboidratos, quebra e translocação de amido, metabolismo do N e síntese de proteínas, controle e regulação da atividade de vários nutrientes, neutralização de ácidos orgânicos, ativação de enzimas, promoção de crescimento de tecidos meristemáticos e ajuste da relação entre movimento estomatal e água. Dentre os principais sintomas de deficiência, os autores citam inicialmente amarelecimento dos ápices das folhas adultas progredindo para os bordos e toda lâmina foliar, com posterior necrose dos tecidos na mesma ordem de progressão dos sintomas. Outros sintomas são: haste verde, retenção foliar e formação de frutos partenocárpicos.

Dentre as diversas funções do K nas plantas, Usherwood (1994) destaca o seu papel sobre o sistema enzimático, uma vez que participa de mais de sessenta reações: sobre a fotossíntese, incluindo o controle da entrada de dióxido de carbono pelos estômatos; sobre a respiração, já que aumenta a eficiência na planta no uso do açúcar; na translocação, por participar do transporte de fotoassimilados das fontes para os drenos; no desenvolvimento de raízes, uma vez que, juntamente com o P, estimula e mantém um rápido crescimento radicular; na síntese de proteínas; na resistência às doenças e tolerância às pragas.

Segundo Snyder e Ashlock (1996), os sintomas de deficiência de K ocorrem primeiramente nas folhas inferiores, uma vez que o nutriente é distribuído para as folhas jovens, porém, em casos de deficiência extrema, os sintomas distribuem-se por toda a planta. Ainda segundo os autores, a deficiência

de K pode trazer várias complicações, tais como redução da fotossíntese, da transpiração e da temperatura da folha, o que pode aumentar a susceptibilidade ao estresse pela seca. Também podem ocorrer aumento do teor de açúcar na folha, diminuição na produção e qualidade das sementes e na resistência a doenças, principalmente *Diaporthe sojae* e *Cercospora kikuchii* L.

Marschener (1995) relata diversas funções do K nas plantas, destacando-se a ativação das enzimas, tal como a ATPase, responsável pela transformação de glicose em amido e da bomba protônica, responsável pela absorção de nutrientes catiônicos, a síntese de proteínas, a fotossíntese, a osmorregulação, a expansão celular, os movimentos dos estômatos e o transporte de fotoassimilados pelo floema.

#### **2.4.2.1 Resistência às pragas e doenças**

Diversos pesquisadores têm destacado o K como elemento responsável pela resistência a várias doenças na cultura da soja. Segundo Yamada (1995), a resistência das plantas a patógenos pode ser aumentada por mudanças na anatomia e mudanças nas propriedades fisiológicas e bioquímicas. A resistência pode ser aumentada pela alteração nas respostas da planta aos ataques parasíticos pelo aumento da formação de barreiras mecânicas (lignificação) e da síntese de toxinas (fitoalexinas). Uma aparente resistência pode ser alcançada quando existe uma assincronia entre os estágios de crescimento mais suscetíveis da planta hospedeira e o período de maior atividade dos patógenos e das pragas. Nesse mesmo autor relata ainda que a deficiência de K provoca acúmulo de aminoácidos (que contribuem para a degradação dos fenois) e de açúcares solúveis, que são nutrientes para os patógenos. Ela também retarda a cicatrização de feridas, favorecendo a penetração dos patógenos. O K tem ação clara na resistência às doenças causadas tanto pelos patógenos obrigatórios como pelos facultativos.

Ritchey et al. (1987), estudando o efeito residual de K e Mg sobre a incidência de *Colletotrichum truncatum* e *Phomopsis spp.*, não observaram qualquer influencia dos tratamentos sobre a população dos patógenos, obtendo resultados discordantes da maioria dos trabalhos sobre o assunto. Resultados diferentes foram obtidos por Ito et al. (1992), que observaram queda acentuada na incidência de *Cercospora kikuchii* em soja, quando comparada com o tratamento onde o teor de K disponível era baixo. Sig, Turner e Whitney (1993), em solos do Texas, observaram que plantas bem supridas de K apresentam um maior efeito supressor sobre a incidência de *Anthracoze* e outras doenças da soja, indicando, inclusive, que a adubação potássica apresenta melhores efeitos do que o uso de fungicida.

## **2.5 Manejo da adubação potássica para a soja**

### **2.5.1 Resposta da soja à adubação potássica**

Mascarenhas et al. (1981) citam respostas esporádicas a aplicação de K em soja, mesmo estando os teores desse elemento no solo abaixo de 48 ppm e justificado pelo fato de que o extrator ácido "Mehlich 1" retira do solo apenas o K disponível no momento e não aquele que poderia ser liberado durante o ciclo da cultura.

Experimentos com soja conduzidos por três anos em um LV fase arenosa, por Roselem, Nakagawa e Machado (1984) mostraram efeito da adubação potássica a partir do segundo ano de cultivo sendo que as produções máximas estavam sempre associadas a teores de K foliar superiores a 1,55%. Também foi constatado que a aplicação a lanço mostrou-se superior à aplicação de semeadura, no sulco, em anos mais secos que o normal e que doses elevadas de K levaram a uma perda significativa do nutriente por lixiviação.

Trabalhando em um LR distrófico, com níveis baixos de K, Borkert et al. (1993b) concluíram que doses entre 40 e 80 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  ano conseguem manter a produtividade da soja em níveis adequados a médio prazo e a longo prazo, porém, os teores de K trocável tendem a diminuir e somente doses superiores a 80 kg  $ha^{-1}$  podem aumentá-lo. Mascarenhas (1990) observou que a aplicação de 30 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ , para soja, em solo onde os níveis do nutriente eram baixos, não foi o suficiente para suprir satisfatoriamente a cultura, e que elevada precipitação, associada ao solo ácido e ao baixo teor de K disponível, levou a uma abertura dos legumes imaturos, favorecendo a entrada de patógenos e conseqüente deterioração das sementes, com queda acentuada da produtividade.

Fernandes et al. (1993), trabalhando num LV, textura média, constataram diferentes capacidades de exploração do K dos solos pelas diferentes cultivares de soja, e em solos esgotados, a planta interferiu significativamente na dinâmica desse nutriente. Os autores citam ainda que na maioria dos experimentos com adubação potássica, mesmo em solos com baixos teores trocáveis desse nutriente, não se tem encontrado respostas. Tal comportamento pode ser explicado pela grande capacidade que essa leguminosa tem em absorver o nutriente do solo e a possibilidade dessa cultura utilizar-se de formas não trocáveis, que seriam liberadas durante o seu ciclo.

Durante 4 anos, Borkert, Sfredo e Silva (1993) testaram doses crescentes de K, aplicadas a lanço, na semeadura sobre a produtividade da soja cultivada em um LR distrófico, com teores baixos de K. Os resultados obtidos mostraram que a aplicação de 40 a 80 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  permitiram manter a produtividade em valores adequados a médio prazo, porém, os teores de K trocável tendem a diminuir e somente com aplicações maiores do que as citadas consegue-se aumentá-lo.

Rosseto et al. (1995), trabalhando com um LV, textura média, em casa-de-vegetação, observaram diferentes respostas de cultivares de soja ao K, sendo "IAC-18" e "FT-2" as mais prejudicadas pela ausência de aplicação desse nutriente. Observaram, ainda, que a aplicação de K no solo promoveu uma maior relação parte aérea/raiz, evidenciando que as plantas fazem adaptações morfológicas para absorver nutrientes do solo. As plantas bem nutridas apresentaram maior matéria seca e maior massa de nódulos.

Com o objetivo de definir teores críticos de K no solo e no tecido vegetal da soja, Scherer (1998a), em um LH, testou quatro doses de K aplicadas antes do primeiro cultivo, associadas a três doses do nutriente aplicadas anualmente. Os teores críticos propostos foram aqueles que permitia a produção de 90% da produção máxima de grãos. Esses valores foram definidos em 1,1% nas folhas e 63 mg dm<sup>3</sup> no solo.

Yamada e Borkert (1994) recomendam que em solos com menos de 20% de argila não se deve fazer adubação corretiva total de K, devido a acentuadas perdas por lixiviação, e no caso de solos com mais que 20% de argila, a adubação corretiva deve ser gradual, objetivando atingir 50 mg de K kg<sup>-1</sup> ao longo de cinco anos. Citam, ainda, que a adubação potássica é baseada na expectativa de produção, e que para atingir produtividades de 3000 kg ha<sup>-1</sup>, recomendam-se 60 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, pois a soja exporta 20 kg de K para cada tonelada de grãos produzida. De acordo com Yamada e Castro (1996), a aplicação de 60 kg de K ha<sup>-1</sup>, em cobertura, 29 dias após o plantio, proporcionou acréscimo de 362 kg de grãos ha<sup>-1</sup> e a aplicação a lanço permitiu incremento de 684 kg de soja ha<sup>-1</sup> quando comparado com a testemunha sem K. Mais recentemente, Yamada (1999) relata que as doses de K a serem aplicadas na cultura da soja são calculadas de acordo com o teor de argila, variando de 50 a 100 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Segundo o autor, bons resultados práticos para a correção potássica são obtidos com o

fornecimento de 4 kg de  $K_2O$  para cada saco de 60 kg de soja que se deseja produzir, descontando-se o teor de K presente na camada de 0 a 20 cm, ou ainda aplicar o nutriente para saturar 4% da CTC.

Sale e Campebell (1986), trabalhando em casa-de-vegetação, observaram que aplicação de doses crescentes de K propiciou aumento no teor de óleo e diminuição no de proteína e atribuíram os resultados ao fato de que a deficiência do nutriente inibe o transporte de carboidratos, induzindo ao estreitamento da relação entre carbono e N nos componentes não estruturais da semente, durante os estágios mais avançados do enchimento de legume.

Trabalhando com doses crescentes de K em um LV, com baixos teores de K solúvel, Tanaka et al. (1997) observaram que doses crescentes de K aplicadas a lanço promoveram um crescimento linear no teor do nutriente na folha e diminuição nos teores foliares de Ca e Mg, tendência atribuída ao antagonismo entre o macronutriente primário e os secundários, principalmente o Mg. Com relação às características agrônômicas dos grãos, os autores observaram resposta positiva dos teores de óleo e peso de 100 sementes às doses crescentes de K e resposta inversa aos teores de proteínas. A germinação e vigor de sementes não foram afetados pelos tratamentos.

### **2.5.2 Resposta da soja a modos de aplicação de potássio.**

Trabalhando em um LV, fase arenosa, Roselem et al. (1979) demonstraram que a aplicação de KCl no sulco de semeadura proporcionou menores produtividades quando comparada com a aplicação a lanço na área total. Não foi observado, no entanto, efeito dos tratamentos sobre outros componentes de produção, tais como: peso de 100 sementes, número de grãos por legume e número de legumes por planta.

De acordo com Sanzonowicz e Mielniczuk (1985), o modo de aplicação pode influenciar na lixiviação do K. Quando a aplicação é feita a lanço, o K fica em contato com um volume maior de solo, tendo maior chance de ser adsorvido, permanecendo em menor quantidade na solução do solo, enquanto a aplicação no sulco de semeadura faz com que o nutriente fique concentrado numa pequena porção do solo, mantendo alta concentração na solução, favorecendo a lixiviação. Em um PVA, nesses autores concluíram que a colocação dos adubos potássicos no sulco de semeadura proporcionou menores teores de K trocável e maiores de K solúvel, em relação à aplicação a lanço, com incorporação na camada superficial. Isso se deve ao fato de que a distribuição desse macronutriente na superfície com incorporação ao solo mantém baixa a sua concentração por unidade de volume de solo, com menor risco de lixiviação.

Muzilli (1982) observou que a aplicação de 60 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ , no sulco, proporcionou maior produtividade para a soja, quando comparada com aplicação a lanço e em faixas. Resultados diferentes daqueles descritos por Roselem et al. (1979) em que a aplicação do adubo a lanço, em área total, proporcionou maiores produções, quando comparada à aplicação em sulcos de semeadura.

Oliveira et al. (1992), trabalhando em um LV, fase arenosa, concluíram que no primeiro ano não foi necessária a aplicação de doses acima de 60 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  para atingir rendimentos máximos. No entanto, no terceiro ano de cultivo, essa dose não foi suficiente para manter o rendimento de grãos. As aplicações de 60 e 180 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ , a lanço, no primeiro ano, e de 30 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  no sulco, anualmente, proporcionaram, respectivamente, no primeiro, segundo e terceiro cultivos da soja, maior taxa marginal de retorno dos investimentos com o adubo.

Trabalhando em um LR distrófico, Borkert, Silva e Sfredo (1993) testaram doses crescentes de K, aplicados a lanço e no sulco de semeadura. Não

detectaram efeitos dos diferentes modos de aplicação do adubo; no entanto, observou-se deficiência severa do nutriente, quando os teores foliares do mesmo encontravam-se abaixo de 1,25%. Com teores na faixa de 1,25 e 1,70%, constataram “fome oculta”, ou seja, queda da produção de grãos, apesar da ausência de sintomas visuais de deficiência. O teor de K considerado suficiente situa-se entre 1,71 e 2,50%.

Sousa, Lobato e Miranda (1993) afirmam que a aplicação de adubos potássicos nos solos sob cerrado deve ser feita preferencialmente a lanço, pois esses solos possuem baixa CTC, e a alta concentração do nutriente provocada por grandes doses, distribuídas em pequeno volume do solo favorece, sua perda por lixiviação.

Dados obtidos por Kanthack (1995), em um LV, textura arenosa, mostraram que a aplicação de K no plantio, em cobertura ou parcelado, não diferiram significativamente, entre si, com relação à produção de soja e nem com relação aos teores de óleo e proteína dos grãos, embora tenham sido observados aumentos significativos nos teores de K trocável no solo.

Heckman e Kamprath (1995), trabalhando em solos com textura arenosa e doses crescentes de K aplicadas no plantio e parcelado, observaram efeito linear das doses de K no acúmulo e concentração do nutriente no tecido vegetal. As produtividades obtidas nos tratamentos em que o nutriente foi aplicado todo no plantio, mostraram ligeiramente superiores à aplicação parcelada, o que, segundo os autores, pode ser explicado pelo fato de a soja apresentar maior acúmulo de K no início do ciclo, favorecendo a aplicação antecipada do macronutriente. A maior produtividade obtida com 224 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  aplicado no plantio foi associada a teores de 0,370  $cmol L^{-1}$  de K trocável e 0,108  $cmol L^{-1}$  do nutriente na solução.

Experimentos de longa duração foram conduzidos por Borkert et al. (1997a), em, LR distrófico, textura argilosa, durante dez anos de condução dos ensaios, não detectaram diferenças entre os modos de aplicação , a lanço e no sulco de plantio. Além disso, concluíram que para a manutenção de altas produtividades de soja, é necessário aplicar uma adubação inicial de 150 a 200 kg. de  $K_2O$   $ha^{-1}$ , mais adubação de manutenção de 80 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup>. Os teores mínimos de K nas folhas, para as condições do ensaio, foram de 1,71%, para que se obtenha elevadas produtividades. Em outro trabalho, dessa vez sobre um LR eutrófico, Borkert et al. (1997b) chegaram a conclusões semelhantes, ou seja, não foram observadas diferenças significativas entre os modos de aplicação. A dose de 80 kg  $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup> mostrou-se insuficiente para manter altas produtividades na sucessão soja-trigo, sendo recomendada a aplicação de 120 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  para soja e de 160 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  para a sucessão soja-trigo. A produtividade de mais de 3000 kg  $ha^{-1}$  somente foi obtida quando os teores foliares de K eram de 1,71%.

Um terceiro trabalho foi conduzido por Borbert et al. (1997c), dessa vez sobre um LR álico, com teor médio-alto de K trocável. Também nesse solo não foi observada diferença entre os modos de aplicação, no sulco de semeadura e a lanço. O cultivo da soja nesse solo não pôde ser conduzido satisfatoriamente por mais de dois anos, sem terem repostas às quantidades de K extraídas pelos grãos, e para a manutenção de produtividades próximas a 3000 kg  $ha^{-1}$  , faz se necessária a aplicação de 120 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ .ano<sup>-1</sup> na semeadura da soja.

Scherer (1998), trabalhando em um LH com teores elevados de K trocável, através de doses aplicadas a lanço e no sulco de plantio, observou que os teores altos do nutriente no solo mostraram-se suficientes para manter produtividades máximas de soja nos quatro primeiros anos. Todavia, não

**observou diferença em rendimento de grãos entre os dois modos de aplicação, no sulco e a lanço.**

**Dessa forma, considerando as grandes dúvidas referentes à adubação potássica para a soja, o trabalho foi conduzido com o objetivo de definir as possíveis relações entre doses e modos de aplicação de K na cultura da soja, em dois ambientes distintos, quanto às suas características edafoclimáticas.**

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Locais

Foram conduzidos dois ensaios, de campo, no ano agrícola 1998/99, nos municípios de Uberaba, longitude 47°55' W, latitude 19°45' S, altitude de 760 m e tipo de clima Aw, segundo a classificação de Köpen, na Fazenda Escola da Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba em Latossolo Vermelho, textura franco-arenosa e em Lavras, longitude 45°00' W, latitude 21°41', altitude 895 m, e tipo de clima Cwa, na "Fazenda Vitorinha", FAEPE/UFLA em Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa. Os dados de caracterização das áreas experimentais podem ser visualizados na Figura 1 e Tabela 2 e 3.

FIGURA 1. Precipitação média mensal em Uberaba e Lavras durante o ciclo das culturas. UFLA, Lavras-MG, 2000

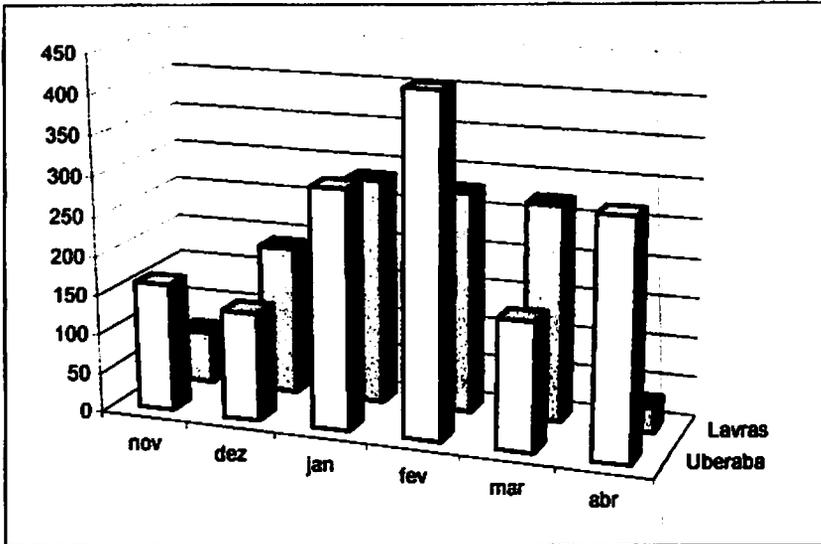


TABELA 2. Temperatura, insolação e precipitação dos dois locais durante o ciclo das culturas (novembro de 1998 a abril de 1999). UFLA, Lavras, MG. 2000.

MÊS	UBERABA					LAVRAS				
	Temperatura °C.			Insol.	Precip.	Temperatura °C			Insol.	Precip.
	máx.	mín	méd	h/m*	mm	máx.	mín	méd	h/m*	mm
NOV.	27,9	19,1	22,0	28,7	161,7	28,6	18,1	22,6	42,5	66,8
DEZ.	30,7	19,2	23,9	231,5	136,1	28,8	18,5	22,7	184,7	189,1
JAN.	30,3	19,7	23,8	190,5	301,3	29,6	18,8	23,3	216,1	286,1
FEV.	30,7	19,6	23,9	190,2	425,2	29,3	18,6	22,7	156,8	279,2
MAR.	29,7	19,6	23,4	176,0	161,1	28,7	18,8	22,2	208,4	273,6
ABR.	30,1	19,4	23,4	188,6	296,9	28,1	16,8	21,5	131,7	32,9
MÉD	29,9	19,4	23,4	-	-	28,9	18,3	22,5	-	-
TOT	-	-	-	1005,5	1482,3	-	-	-	940,2	1127,7

\*Horas/mês

**TABELA 3** Resultados de análises de fertilidade, matéria orgânica e granulometria dos solos por ocasião da semeadura. UFLA, Lavras- MG, 2000.

PROFUNDIDADE (cm)	Solo			
	LE (Uberaba)		PV (Lavras)	
	0-20	20-40	0-20	20-40
pH em H <sub>2</sub> O (1:2.5)	6,0 AcF	5,6 AcM	6,4 AcF	6,4 AcF
P mg dm <sup>-3</sup>	2 B	1 B	4 B	3 B
K mg dm <sup>-3</sup>	43 B	38 B	44 B	26 B
Ca cmol <sub>(e)</sub> dm <sup>-3</sup>	1,9 M	1,2 B	6,0 A	5,6 A
Mg cmol <sub>(e)</sub> dm <sup>-3</sup>	0,7 M	0,4 B	1,1 A	1,0 M
Al cmol <sub>(e)</sub> dm <sup>-3</sup>	0,1 B	0,2 B	0,0 B	0,0 B
H+Al cmol <sub>(e)</sub> dm <sup>-3</sup>	2,8 M	3,0 M	2,6 B	2,0 B
SB cmol <sub>(e)</sub> dm <sup>-3</sup>	2,8 M	1,7 B	7,2 A	6,7 A
t cmol <sub>(e)</sub> dm <sup>-3</sup>	2,9 M	1,9 M	7,2 A	6,7 A
T cmol <sub>(e)</sub> dm <sup>-3</sup>	5,6 M	4,7 M	9,8 A	8,7 A
m %	3 B	11 B	0 B	0 B
V %	50 M	36 B	73 A	77 A
Saturação por K (%)	2,0	2,1	1,1	0,8
Saturação por Ca (%)	33,9	22,5	61,2	64,3
Saturação por Mg (%)	12,5	8,5	11,2	11,5
Relação Ca/K	17,3	12,0	53,3	84,8
Relação Mg/K	6,4	4,0	9,8	15,1
Mat. org. g kg <sup>-1</sup>	21M	16M	29 M	26 M
S-sulfato mg dm <sup>-3</sup>	3,6B	1,0B	3,1B	1,5B
B mg dm <sup>-3</sup>	0,3M	0,3M	0,2B	0,2B
Zn mg dm <sup>-3</sup>	0,3B	0,7M	1,2A	0,2B
Cu mg dm <sup>-3</sup>	3,0A	1,0A	0,9A	0,5M
Mn mg dm <sup>-3</sup>	5,0A	4,0M	3,2M	1,3M
Fe mg dm <sup>-3</sup>	41,7A	9,4M	70,3A	50,9A
Areia g kg <sup>-1</sup>	720	700	410	400
Silte g kg <sup>-1</sup>	80	70	210	140
Argila g kg <sup>-1</sup>	200	230	380	460

### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial (4x3)+1 envolvendo quatro doses (40, 80, 120 e 160 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> na forma de KCl) e três modos de aplicação de potássio (sulco de plantio, cobertura e parcelado) mais uma testemunha como tratamento adicional (zero de K<sub>2</sub>O), totalizando 13 tratamentos, com 4 repetições.

As parcelas foram constituídas por 6 linhas espaçadas de 0,50 m com 5 m de comprimento. Como área útil, foram utilizadas as quatro linhas centrais, eliminando-se a título de bordadura, 0,50 m nas extremidades, totalizando 8,0 m<sup>2</sup>.

TABELA 4. Doses e modos de aplicação de K nos diversos tratamentos utilizados nos experimentos. UFLA, Lavras-MG, 2000

Tratamento	Dose de K <sub>2</sub> O (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	Identificação*	Plantio (P)	Cobertura (C)	Total
T1	Test. Absoluta	0	0	0
T2	40P	40	0	40
T3	80P	80	0	80
T4	120P	120	0	120
T5	160P	160	0	160
T6	40C	0	40	40
T7	80C	0	80	80
T8	120C	0	120	120
T9	160C	0	160	160
T10	20P20C	20	20	40
T11	40P40C	40	40	80
T12	40P80C	40	80	120
T13	40P120C	40	120	160

### 3.3 Instalação e condução dos experimentos

O experimento do Triângulo Mineiro foi semeado no dia 28 de novembro e colhido no dia 9 de abril, com ciclo de 132 dias; já no Sul de Minas, a semeadura deu-se no dia 25 de novembro e a colheita no dia 14 de abril, com ciclo de 140 dias. A cultivar utilizada foi a Conquista, com ciclo de maturação semitardio, hipocótilo e flores roxas, pubescência e legumes marrons, tegumento de semente e cotilédones amarelos, cultivar com recomendação oficial para Minas Gerais (EMBRAPA, 1998).

As áreas foram previamente corrigidas com calcário dolomítico, com PRNT de 90%, suficiente para elevar a porcentagem de saturação de bases a 50% e 70%, respectivamente, em Uberaba e Lavras, com antecedência de 60 dias. Uma semana antes do plantio, foi feita a fosfatagem corretiva das áreas, utilizando 500 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples. Também foram aplicados micronutrientes, utilizando o produto Agrimax 12 da Fertibras, na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup>, cuja composição é: Zn, 9,0%; Mn, 2,0%; Cu, 0,8%; Fe, 2,0%; molibdênio, 0,1% e B, 1,8%. Antes da semeadura, foi feita a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* na proporção de 400 gramas de inoculante por 50 quilos de semente. A semeadura foi feita de forma manual e quinze dias após, foi feito o desbaste uniformizando a população para 300.000 plantas por hectare. Trinta dias após a germinação, procedeu-se à aplicação das doses de K recomendadas para os tratamentos em cobertura e parcelado. Durante o ciclo da cultura, foram realizadas três capinas para controle das plantas daninhas. Não se observou qualquer tipo de dano proveniente da ação de pragas e doenças. A colheita foi feita manualmente, colhendo-se a planta inteira, para posterior trilhagem.

### **3.4 Variáveis avaliadas**

#### **3.4.1 Produtividade**

As plantas foram colhidas no estágio R8, que corresponde a grãos fisiologicamente maduros e com umidade próxima a 13%, deixadas para secar por uma semana e trilhadas. Após uniformização para 13% de umidade dos grãos, foi feita a pesagem de cada parcela e obtida a produtividade em kg ha<sup>-1</sup>.

#### **3.4.2 Germinação, vigor e peso de 100 sementes**

As determinações foram realizadas no Laboratório de Análises de Sementes da EPAMIG em Uberaba. Foi feito o Teste Padrão de germinação (BRASIL, 1992) e envelhecimento acelerado (McDonald Jr. e Phaneendranath, 1978). Para se obter normalidade dos dados e homogeneidade da variância, durante as análises estatísticas, transformaram-se os resultados percentuais médios para  $\text{arc sen } (x/100)^{1/2}$ .

O peso de 100 sementes foi realizado também no Laboratório de Sementes da EPAMIG, utilizando a metodologia citada em BRASIL, 1992.

#### **3.4.3 Altura de planta e de inserção de 1º legume, estande final e acamamento**

Por ocasião da colheita, foram determinadas a altura de planta e inserção de 1º legume, medidas em dez plantas da área útil, utilizando-se o valor médio. O índice de acamamento foi determinado de acordo com a escala sugerida por Bernard, Chamberlain e Lawrence, (1965), sendo atribuídas notas variando de 1, para todas as plantas eretas, até 5, para todas as plantas acamadas.

O estande final foi determinado pela contagem de plantas presentes na área útil durante a colheita.

#### **3.4.4 Teores e rendimentos de óleo e proteína**

As determinações dos teores de óleo (extrato etéreo) e proteína nos grãos foram realizadas pelo Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba, utilizando-se a metodologia citada por ANFAR, (1992). Os rendimentos totais de óleo e proteína, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , foram obtidos multiplicando-se os teores de óleo e proteína, respectivamente, de cada tratamento pelas suas respectivas produtividades.

#### **3.4.5 Análises foliares**

No início do florescimento, foram feitas as coletas de folhas (folíolos sem pecíolo da quarta folha a partir do ápice) de 20 plantas da área útil. Após secagem e moagem, procedeu-se determinações de N, P, K, S, Ca, Mg, B, Zn, Mn e Fe, seguindo a metodologia citada por EMBRAPA (1998). Também foram calculadas as relações entre Ca e K e entre Mg e K.

#### **3.4.6 Análises dos solos após colheita**

Após a colheita, procedeu-se à amostragem dos solos, recolhendo-se amostras de 0 a 20 e 21 a 40 cm. Em cada parcela foram coletadas 10 subamostras, que foram misturadas, originando uma amostra composta para cada parcela e para cada profundidade. As determinações analíticas foram pH em água, P e K solúveis, Ca, Mg e Al trocáveis e acidez potencial, seguindo metodologia oficial para Minas Gerais, citada por EMBRAPA (1998). Também foram calculadas as seguintes variáveis: soma de base, porcentagem de saturação por bases, porcentagem de saturação por K, porcentagem de saturação por Ca, porcentagem de saturação por Mg, e relações entre o Ca e K e entre Mg e K.

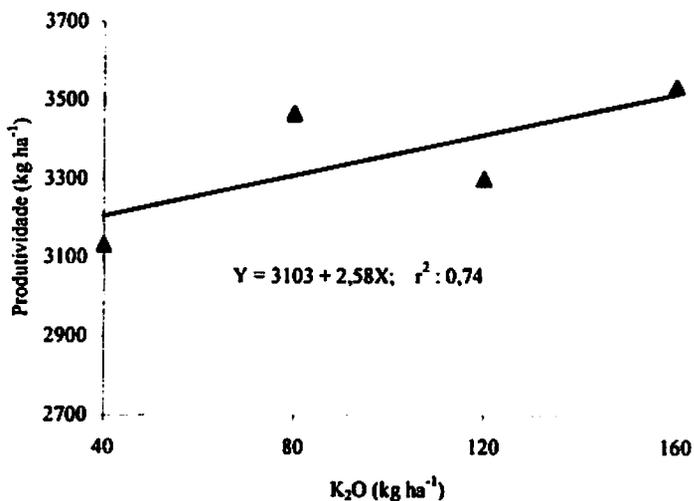


FIGURA 2. Produtividade de grãos obtida em Uberaba, em função de doses de K aplicadas em cobertura. UFLA, Lavras, 2000.

TABELA 5. Valores médios de produtividade obtida em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

DOSES DE K (kg K <sub>2</sub> O.ha <sup>-1</sup> )	MODOS DE APLICAÇÃO			MÉDIA
	PLANTIO	COBERTURA	PARCELADO	
40	3545	3132	3535	3404
80	3427	3467	3538	3482
120	3657	3300	3552	3493
160	3360	3535	3522	3522
MÉDIA	3496	3358	3566	3473 a
	TESTEMUNHA ABSOLUTA			2928 b

CV (%): 12,3

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

Por outro lado, os resultados obtidos em Lavras mostram efeito significativo do modo de aplicação do adubo sobre a produtividade de grãos, independentemente da dose (Tabela 6), de tal forma que a aplicação em cobertura mostrou-se inferior aos outros dois modos, os quais não diferiram entre si. Esses resultados podem ser explicados sob dois enfoques: primeiro, as elevadas relações do Ca e do Mg com o macronutriente nos trinta primeiros dias da cultura, o que inibiu a absorção do mesmo, uma vez que os três nutrientes competem pelos mesmos sítios de absorção (Mascarenhas, 1988). Outro ponto a ser considerado é que em virtude da elevada CTC do PVA, o K aplicado em cobertura permaneceu adsorvido na camada mais superficial, não atingindo a região do solo de maior concentração radicular. Esse segundo enfoque é reforçado por Espinosa e Reis (1982), que afirmam que a lixiviação do K depende, dentre vários fatores, da textura do solo.

Quando os dois ensaios são comparados, observa-se que a produtividade obtida em Uberaba foi 27 % superior à de Lavras, não obstante ter apresentado um menor ciclo e distribuição mais desuniforme de chuva, o que pode ser explicado pelo fato de o solo de Lavras ter sido ocupado anteriormente por pastagem degradada, sendo, portanto, de menor fertilidade.

#### **4.3.2. Germinação de sementes**

Os diferentes modos de aplicação e doses de K não exerceram qualquer efeito significativo sobre a germinação de sementes em ambos os ensaios, como pode ser observado na Tabela 6. Tais resultados assemelham-se aos obtidos por Tanaka et al. (1997) que, trabalhando com doses crescentes de K, não encontraram resposta para a germinação de sementes, o que contraria a afirmação de Mascarenhas et al. (1988) de que o K beneficia a germinação das mesmas.

Assim como a produtividade, também a germinação de sementes do ensaio de Uberaba foi superior ao de Lavras, na ordem de 22,25%. De acordo com BRASIL (1993), para que o material colhido seja aceito como semente pelo teste padrão de germinação, dentre outras exigências, é necessário que apresente germinação mínima de 75%. Dessa forma, para as condições dos ensaios, pode-se afirmar que a produção obtida em Lavras se enquadra como grãos para consumo e a de Uberaba, como sementes.

#### **4.1.3 Vigor de sementes**

Na Tabela 6 e Figura 3 pode-se visualizar os resultados de vigor de sementes, obtidos pelo teste de envelhecimento acelerado, em função dos tratamentos testados. Em Uberaba, o vigor de semente foi afetado significativamente pelas doses de K, concordando com as afirmações feitas por Mascarenhas et al. (1988), quando citam o efeito benéfico do K na característica em questão. Em Lavras, observou-se que a aplicação do nutriente, independentemente do modo ou da dose, diferiu significativamente do vigor obtido nas semente das plantas tessemunhas, cultivadas sem K. Os resultados estão de acordo com a afirmação de Snyder e Ashlock (1996), de que a deficiência de K pode prejudicar a qualidade de sementes. Os diferentes resultados obtidos nos dois locais mostram um valor alto de vigor, segundo critérios definidos por França Neto et al. (1988), em Uberaba, independentemente da aplicação de K e do nível médio, segundo os mesmos autores, nos valores de vigor obtidos Lavras.

Uma comparação entre os dois ensaios mostra que o vigor das sementes obtidas em Uberaba apresentaram um valor médio 19% superior ao obtido em Lavras, quando foi aplicado K, independentemente do modo ou da dose, e de 37 %, quando o nutriente não foi aplicado.

TABELA 6. Valores médios de produtividade, germinação, vigor e peso de 100 sementes, em função de modos de aplicação e doses de potássio, em Uberaba e Lavras. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Modos de Aplicação	Produtividade	Germinação		Vigor		Peso 100 sem.	
	(kg ha <sup>-1</sup> )	(%)		(%)		(g)	
	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras
Plantio	2670 a	79,8 a	58,9 a	71,0 a	58,8 a	16,96 a	17,76 a
Cobertura	2314 b	79,4 a	62,7 a	72,3 a	60,0 a	17,14 a	17,79 a
Parcelado	2621 a	80,3 a	60,3 a	73,3 a	59,3 a	17,06 a	18,03 a
Doses de K <sub>2</sub> O							
(kg ha <sup>-1</sup> )							
40	2448	79,9	60,0	74,3	53,2	16,88	17,94
80	2507	78,8	61,9	67,3	59,0	17,14	17,70
120	2564	80,1	58,8	70,2	61,8	16,93	17,90
160	2619	80,5	61,9	76,8	63,3	17,26	17,90
Média	2535 a	80,0 a	60,9 a	72,2 a	58,4 a	17,05 a	17,86 a
Test. Abs.	2643 a	81,8 a	63,6 a	73,5 a	46,3 b	16,60 a	18,10 a
CV (%)	15,8	3,7	7,2	8,5	16,1	2,8	4,1

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

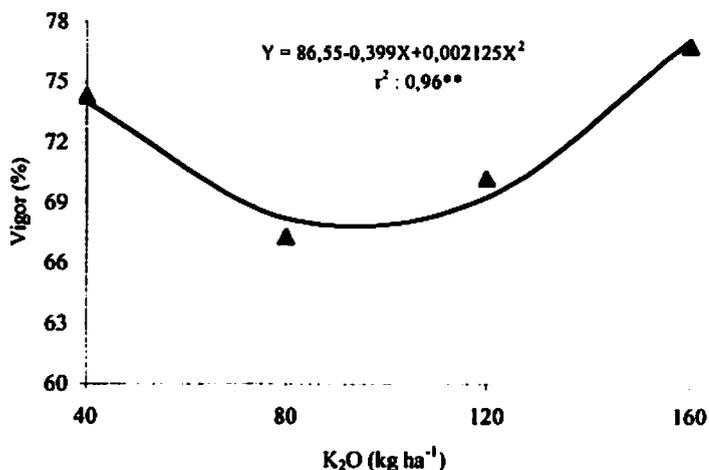


FIGURA 3. Vigor de sementes obtido em Uberaba, em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

#### 4.1.4 Peso de 100 sementes

Os valores médios de peso de 100 sementes (Tabela 6), não foram influenciados, significativamente pelos tratamentos testados. Resultados semelhantes foram obtidos por Roselem et al. (1979), que trabalhando em um LV, fase arenosa, não observaram efeito de KCl aplicado no sulco de semeadura sobre o peso de 100 sementes. Resultados diferentes dos obtidos são citados por Tanaka et al. (1997), que encontraram resposta da variável às doses de K aplicadas em LE.

Em ambos os ensaios, o peso médio de 100 sementes foi equivalente, ou seja, 17,05 g em Uberaba e 17,86 g em Lavras.

#### 4.1.5 Teores de óleo

Na Tabela 7 são apresentados os teores médios de óleo nas sementes em função de modos de aplicação e doses de K. No ensaio conduzido em Uberaba,

não foi observado efeito significativo do modo de aplicação ou das doses do adubo sobre a porcentagem de óleo produzido. Entretanto, a aplicação de K, independentemente dos modos ou das doses, influenciaram significativamente essa característica, quando comparada com a testemunha absoluta. Pelos resultados obtidos confirmam-se as explicações de Mascarenhas et al. (1988) de que o K seja essencial na síntese e no transporte de óleo para os grãos. Segundo Usherwood (1994), tal resultado pode ser explicado pelo papel do K no transporte de fotoassimilados para os grãos, permitindo a síntese de óleo nos mesmos, e também no controle de entrada de CO<sub>2</sub> pelos estômatos. Esses resultados também foram verificados por Tanaka et al. (1997), que observaram efeitos positivos de doses de K sobre os teores de óleo nas sementes. Porém, Kanthack (1995), trabalhando em um LV, textura arenosa, não encontrou efeito significativo de doses e modos de aplicação de K sobre a produção de óleo em sementes de soja.

Na Tabela 8 e Figura 4 são apresentados os resultados médios dos teores de óleo nos grãos obtidos no ensaio de Lavras.

TABELA 7. Valores médios de teores e rendimentos de óleo e proteína, em função de modos de aplicação e doses de potássio, em Uberaba e Lavras. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Modos de Aplicação	Óleo (%)	Óleo (kg ha <sup>-1</sup> )		Proteína (%)		Proteína (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Uberaba	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras
Plantio	19,0 a	664 a	507 a	38,5 a	38,2 a	1345 a	1022 a
Cobertura	19,3 a	648 a	446 a	38,0 a	38,6 a	1273 a	893 b
Parcelado	19,3 a	688 a	506 a	38,5 a	39,1 a	1372 a	1025 a
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )							
40	19,1	680	466	39,0	39,3	1328	968
80	19,5	683	481	37,9	38,2	1322	954
120	19,5	678	501	38,4	38,2	1342	983
160	19,0	696	497	37,9	38,9	1331	1021
Média	19,3 a	684 a	486 a	38,2 a	38,5 a	1330 a	982 a
Test. Abs.	18,2 b	536 b	475 a	36,5 b	38,6 a	1068 b	1024 a
CV (%)	2,2	13,7	16,4	2,4	1,9	12,6	16,9

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

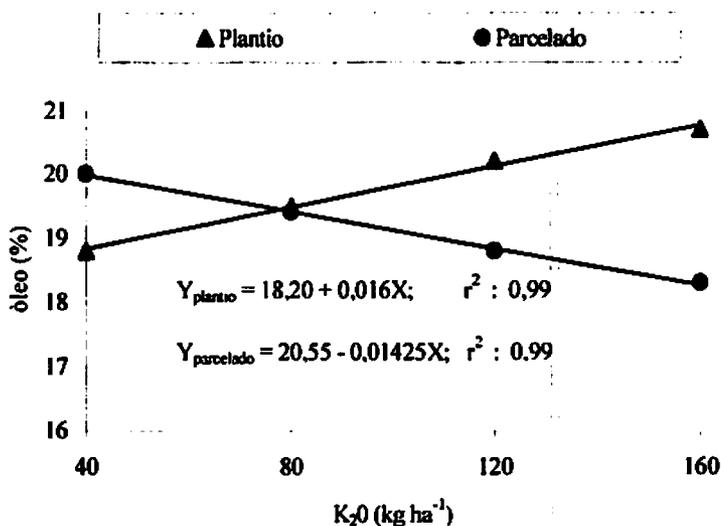


FIGURA 4. Teores de óleo nos grãos obtidos em Lavras, em função de doses e modos de aplicação de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

Observa-se uma interação significativa entre modos de aplicação e doses de K. Verifica-se que a aplicação de doses crescentes de K, no plantio, proporcionou aumento linear crescente nos teores de óleo da semente. Efeito inverso foi observado quando o insumo foi aplicado de forma parcelada, em que os teores de óleo caíram linearmente com as doses de K. Na aplicação em cobertura, observou-se mesma tendência para a aplicação parcelada. Os resultados podem ser explicados da mesma forma que para a produtividade, ou seja, a elevada relação entre o Ca, o Mg e o K, inibindo a absorção de K, e também a pequena movimentação do nutriente aplicado em cobertura, em virtude da textura argilosa do solo. A mesma explicação é descrita por Goedert et al. (1975), que afirmam que a calagem, ao elevar a relação do Ca e do Mg com o K, pode diminuir os teores do macronutriente na solução do solo, levando a planta a apresentar deficiência do mesmo. Também Mascarenhas et al. (1988) citam que a

elevação da saturação por bases a 70%, como foi o caso do PVA, levou a um desequilíbrio entre o Ca, o Mg e o K, promovendo o surgimento e agravamento da deficiência do K.

TABELA 8. Valores médios dos teores de óleo nas sementes obtidas no ensaio conduzido em Lavras, em função dos modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

DOSES DE K (kg K <sub>2</sub> O.ha <sup>-1</sup> )	MODOS DE APLICAÇÃO			MÉDIA
	PLANTIO	COBERTURA	PARCELADO	
40	18,8	20,7	20,0	20,0
80	19,5	20,2	19,4	19,7
120	20,2	19,9	18,8	19,7
160	20,7	19,5	18,3	19,6
MÉDIA	19,9	20,1	19,1	19,7 a
TESTEMUNHA ABSOLUTA				18,2 b

CV (%) : 2,5

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

### 3.1.6 Rendimento de óleo

Também na Tabela 7 são mostrados os resultados médios de rendimento de óleo nos dois ensaios. Os resultados não apresentam qualquer efeito significativo dos modos de aplicação ou das doses de K sobre o rendimento de óleo, embora, em ambos os ensaios a aplicação do fertilizante em cobertura apresentou tendência inferior aos outros dois modos. Entretanto, no ensaio conduzido em Uberaba, a aplicação do nutriente, independentemente do modo ou da dose, influenciou significativamente o parâmetro citado, quando comparado com a testemunha absoluta. Tais resultados podem ser explicados pela maior produtividade de grãos e maior teor de óleo, com a aplicação de K, o que refletiu

num maior rendimento de óleo.

Quando comparadas as médias obtidas nos dois ensaios, observa-se que a soja cultivada em Uberaba apresentou melhor desempenho que a de Lavras, produzindo 28,9% a mais de óleo, quando se aplicou K, independentemente do modo e da dose e, 11,38%, quando comparou-se os tratamentos sem o nutriente.

#### **4.1.7 Teores de proteína**

A Tabela 7 ilustra os teores médios de proteína obtidos nos dois ensaios. Não foi observado nenhum efeito significativo de modos de aplicação e doses de K sobre os teores de proteína dos grãos. No entanto, em Uberaba, a aplicação de K, independentemente do modo ou da dose, diferiu da testemunha sem K. Tais resultados foram observados por vários autores, como Mascarenhas et al. (1988), Tanaka et al. (1993) e Usherwood (1994), que comprovam o papel do K na nodulação, no metabolismo do N, e síntese de proteínas.

#### **4.1.8 Rendimento de proteína**

Os resultados do rendimento médio de proteína também podem ser visualizados na Tabela 7. No ensaio conduzido em Uberaba, não foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre a variável em questão. No entanto, a aplicação de K, independentemente dos modos ou das doses, diferiu significativamente do tratamento testemunha, sem K, o que é explicado pela maior produtividade de grãos obtida com a aplicação de K, independentemente das doses ou do modos. No ensaio de Lavras, observou-se efeito significativo dos modos de aplicação, uma vez que a aplicação em cobertura mostrou-se inferior aos outros dois modos. Os resultados podem ser explicados pela menor produtividade de grãos, quando o K foi aplicado em cobertura. As hipóteses, já

discutidas, de elevada relação entre Ca, Mg e K, nos trinta primeiros dias da cultura, e a pequena mobilidade do nutriente aplicado em cobertura, no solo argiloso, explicam a tendência observada. Comparando-se a produtividade de proteína nos dois ensaios, observa-se que em Uberaba produziu-se 35% a mais do que em Lavras, quando se aplicou K, independentemente dos modos ou das doses e 4%, quando não se aplicou o nutriente.

#### 4.1.9 Altura de planta, Altura de inserção de 1° legume e acamamento

Os resultados de altura média de plantas, nos dois ensaios, em função de doses e modos de aplicação de K, são apresentados na Tabela 9 e Figura 5. Observa-se que em Uberaba não foi detectado nenhum efeito significativo dos tratamentos. No entanto, em Lavras, observou-se efeito linear crescente de doses de K sobre a altura de plantas. O papel do K sobre a absorção de nutrientes (Sacramento e Roselem, 1997) e fixação simbiótica de N explicam os resultados obtidos, uma vez que esses fatores podem favorecer o crescimento das plantas.

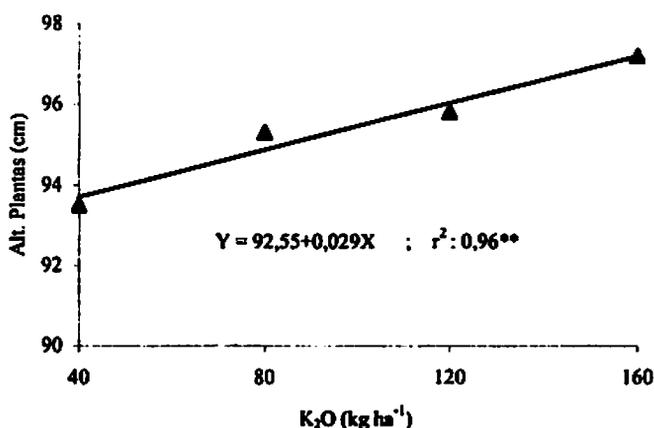


FIGURA 5. Altura de plantas, em Lavras, em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG. 2000.

TABELA 9. Valores médios de altura de plantas, altura da 1<sup>o</sup> legume e acamamento, em função de modos de aplicação e doses de potássio, em Uberaba e Lavras. UFLA, Lavras-MG 2000.

Modos de Aplicação	Altura plantas (cm)		Altura da 1 <sup>o</sup> legume (cm)		Acamamento (l a 5)	
	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras
Plantio	97,3 a	95,1 a	17,7 a	16,2 a	1,25 a	1,74 a
Cobertura	98,6 a	96,5 a	17,6 a	16,3 a	1,37 a	1,64 a
Parcelado	96,2 a	94,7 a	17,6 a	16,4 a	1,46 a	1,56 a
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )						
40	97,1	93,5	17,7	16,1	1,51	1,61
80	97,3	95,3	17,7	16,2	1,37	1,61
120	96,9	95,8	17,9	16,8	1,21	1,72
160	98,2	97,2	17,3	16,2	1,37	1,49
Média	97,4 a	95,4 a	17,6 a	16,3 a	1,37 a	1,64 a
Test. Abs.	91,0 a	96,0 a	16,0 a	16,5 a	1,00 a	1,72 a
CV (%)	3,2	2,8	10,1	11,4	17,5	17,0

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

Na Tabela 9 são apresentados os resultados médios da altura de inserção do primeiro legume, em função de modos de aplicação e doses de K. Não foi observado qualquer efeito significativo, quer seja dos modos de aplicação, quer seja das doses de K sobre a variável testada.

Uma comparação entre os dois ensaios mostrou que a altura do primeiro legume do ensaio de Uberaba foi, em média, 8% superior à obtida em Lavras.

Os resultados médios de acamamento em ambos os ensaios, em função de modos de aplicação e doses de K, são apresentados na Tabela 9. Não foram observados quaisquer efeitos significativos de modos de aplicação ou doses de K sobre a variável testada. Todos os tratamentos, nos dois ensaios mostraram um crescimento ereto satisfatório, em virtude das boas características de cultivo da cultivar “Conquista”, o que pode explicar a falta de resposta dessa variável aos tratamentos.

## **4.2 Análises foliares**

### **4.2.1 Nitrogênio**

Na Tabela 10 são apresentados os teores médios de N encontrados nas folhas da cultura em ambos os locais. Os teores de N nas plantas cultivadas em Uberaba foram significativamente influenciados pelos modos de aplicação de K; nesse caso, observou-se que a aplicação em cobertura determinou menores quantidades de N quando comparado com os outros dois modos de aplicação do adubo, os quais não diferiram entre si. Esses resultados podem ser explicados pelo papel do K na nodulação, na absorção, (Mascarenhas et al., 1988 e Griffith, 1993), e no metabolismo do N, além da síntese de proteínas (Tanaka et al., 1993; Marschener, 1995).

Em Lavras, os teores de N nas folhas não sofreram quaisquer influência dos diferentes tratamentos. Uma comparação das médias dos teores de N nas folhas da soja mostram que em Uberaba os teores de N foram 13,2% superiores aos respectivos teores encontrados nas folhas das plantas cultivadas em Lavras, quando se aplicou K, independentemente do modo e da dose e de 11,5% quando compararam-se os tratamentos sem o nutriente. Os teores de N nos dois locais estão dentro da faixa considerada ideal para a soja por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) que é de 4,5 a 5,5 dag kg<sup>-1</sup>, embora, em Lavras, os teores de N estejam bem próximos do nível crítico inferior

#### 4.2.2 Fósforo

Os teores de P nas folhas da soja nos ensaios do Triângulo e Sul de Minas não foram influenciados significativamente pelos modos de aplicação ou pelas doses de K (Tabela 10). Tais resultados discordam dos relatos de Sacramento e Roselem (1997), que afirmam que a falta de K pode promover redução nos teores de P nas folhas, uma vez que influencia a enzima ATPase, responsável pela absorção de nutrientes.

Uma comparação entre os ensaios mostra que os teores de P nas folhas da soja cultivada em Uberaba foram 38% superiores aos de Lavras, quando se aplicou K, independentemente dos modos ou das doses e, 40% quando se compararam as testemunhas sem K. Assim como os teores de N, também o P foliar, nos dois locais, estão dentro da faixa considerada ideal para a soja por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), que é de 0,26 a 0,50 dag kg<sup>-1</sup>, embora em Lavras os teores do nutriente estejam bem próximos do nível crítico inferior.

### 4.2.3 Potássio

Os resultados para as concentrações de K nas folhas em função de modos e doses de aplicação do nutriente no solo podem ser visualizados na Tabela 10. Não foi observado efeito significativo dos diversos tratamentos sobre a variável. No entanto, em ambos os ensaios, a aplicação do nutriente, independentemente das doses ou dos modos, proporcionaram aumentos significativos nos teores de K, quando comparados com os teores da testemunha absoluta, sem K. Os aumentos dos teores de K nas folhas com a aplicação do nutriente no solo também foi observado por Ritchey (1987) e Tanaka et al. (1997), que verificaram respostas lineares do K à aplicação crescente do nutriente.

Os resultados de ambos os ensaios permitem observar que os teores de K nas folhas das plantas cultivadas em Uberaba foram, respectivamente, 11 e 10% superiores aos teores do elemento nas folhas das plantas cultivadas em Lavras, quando se aplicou o fertilizante, independentemente dos modos ou das doses, e quando compararam-se as testemunhas absolutas, que não receberam o nutriente. Segundo Borbert et al. (1993 a), os teores foliares de K entre 1,25 e 1,70% provocam, na soja cultivada em um LR distrófico, “fome oculta”. Dessa forma, provavelmente, os baixos teores de K encontrados nas folhas colhidas em Lavras tenham sido uma das causas da menor produtividade nesse local, uma vez que as plantas poderiam estar com ‘fome oculta’. Já Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) citam que os teores ideais do K nas folhas devem situar-se entre 1,7 e 2,0 dag kg<sup>-1</sup>, compatíveis com os teores obtidos nos dois locais, embora em Lavras os teores estejam no limite do nível crítico inferior

TABELA 10. Valores médios dos teores de N, P, K e S nas folhas, em função de modos de aplicação e doses de potássio, em Uberaba e Lavras. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Modos de Aplicação	N (dag kg <sup>-1</sup> )		P (dag kg <sup>-1</sup> )		K (dag kg <sup>-1</sup> )		S (dag kg <sup>-1</sup> )	
	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras
Plantio	5,4 a	4,5 a	0,33 a	0,24 a	1,90 a	1,65 a	0,32 a	0,26 a
Cobertura	5,2 b	4,6 a	0,30 a	0,25 a	1,94 a	1,77 a	0,31 a	0,27 a
Parcelado	5,4 a	4,6 a	0,32 a	0,25 a	1,84 a	1,68 a	0,37 a	0,26 a
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )								
40	5,3	4,6	0,31	0,25	1,83	1,66	0,31	0,27
80	5,3	4,6	0,29	0,25	1,88	1,67	0,37	0,27
120	5,3	4,6	0,34	0,24	1,98	1,76	0,33	0,26
160	5,3	4,6	0,33	0,24	1,88	1,71	0,32	0,27
Média	5,3 a	4,6 a	0,32 a	0,25 a	1,89 a	1,70 a	0,33 a	0,27 a
Test. Abs.	5,2 a	4,6 a	0,35 a	0,25 a	1,71 b	1,55 b	0,30 a	0,27 a
CV (%)	4,1	4,1	17,3	6,3	10,9	8,0	22,7	5,9

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

#### **4.2.4 Enxofre**

Em Uberaba e Lavras os teores de S na folhas não foram influenciados significativamente por nenhum dos tratamentos, como pode ser observado na Tabela 10. Resultados semelhantes foram encontrados por Ventura (1987), que trabalhando em solução nutritiva, não observou variação nos teores de S nas folhas da soja, com doses crescentes de K.

Comparando-se as concentrações de S nos dois ensaios, observa-se que os teores do nutriente em Uberaba foram 18% e 10% superiores aos encontrados em Lavras, respectivamente quando se aplicou K, independentemente dos modos ou das doses e quando não se aplicou o macronutriente (testemunha absoluta). Malavolta, Vitti e Oliveira sugerem o nível de  $0,25 \text{ dag kg}^{-1}$  de S como ideal para soja, valor compatível com os obtidos em ambos os ensaios, uma vez que a variação observada foi de 0,26 a  $0,37 \text{ dag kg}^{-1}$ .

#### **4.2.5 Cálcio**

Na Tabela 11 são apresentados os resultados médios dos teores foliares de Ca nos ensaios de Uberaba e Lavras. No Triângulo Mineiro, observou-se efeito significativo do modo de aplicação do K sobre essa variável, uma vez que a aplicação do nutriente em cobertura proporcionou uma diminuição nos teores do nutriente nas folhas, quando comparado com os outros dois modos de aplicação. Os teores de Ca nas folhas das plantas cultivadas em Lavras não apresentaram efeitos significativos dos diferentes modos de aplicação, porém decresceram significativamente com as doses de K (figura 5), o que pode ser explicado pela inibição competitiva, entre ambos os nutrientes, no momento de absorção, Malavolta et al. (1989). Também Tanaka et al. (1997) observaram queda nos teores de Ca foliares com doses crescentes de K e atribuíram os resultados ao

antagonismo entre os dois nutrientes. Usherwood (1982) cita que podem ocorrer interações significativas entre os teores foliares de K e Ca, principalmente se o solo é deficiente em um ou outro ou ambos os nutrientes, como é o caso do solo de Uberaba.

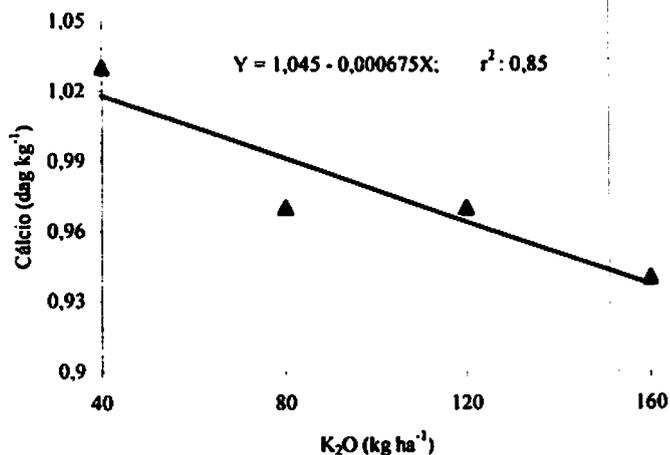


FIGURA 6. Teores médios de Ca nas folhas, em Lavras, em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Comparando-se os dois locais, observa-se que os teores de Ca nas folhas do ensaio de Uberaba foram respectivamente 21% e 25% superiores ao de Lavras, quando se aplicou K, independentemente dos modos e das doses, e quando se compararam as testemunhas absolutas, sem K, respectivamente. Considerando que no momento do plantio os teores de Ca no PVA eram três vezes superior ao encontrado no LV, conclui-se que as plantas cultivadas em Uberaba apresentaram uma maior capacidade de absorção. Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira os níveis adequados de cálcio nas folhas da soja situam-se entre 0,4 e 2,0 dag kg<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos nos dois locais mostram que os teores de cálcio nas folhas situaram-se dentro desse intervalo.

TABELA 11. Valores médios dos teores de Ca e Mg e relações Ca/K e Mg /K nas folhas, em função de modos de aplicação e doses de K, em Uberaba e Lavras. UFLA. Lavras-MG, 2000.

Modos de Aplicação	Ca (mg kg <sup>-1</sup> )		Mg(mg kg <sup>-1</sup> )		Ca/K		Mg/K	
	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras
Plantio	1,24 a	1,01 a	0,35 a	0,32 a	0,68 a	0,61 a	0,19 a	0,19 a
Cobertura	1,08 b	0,96 a	0,37 a	0,31 a	0,57 b	0,55 b	0,19 a	0,18 a
Parcelado	1,21 a	0,97 a	0,37 a	0,31 a	0,67 a	0,58 a	0,20 a	0,18 a
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )								
40	1,23	1,03	0,38	0,33	0,69	0,63	0,21	0,20
80	1,14	0,97	0,35	0,31	0,62	0,58	0,19	0,19
120	1,19	0,97	0,36	0,29	0,62	0,55	0,18	0,18
160	1,16	0,94	0,36	0,30	0,63	0,55	0,19	0,17
Média	1,19 a	0,98 a	0,36 a	0,31 a	0,64 b	0,58 b	0,20 a	0,18 b
Test. Abs.	1,28 a	1,02 a	0,38 a	0,33 a	0,77 a	0,66 a	0,23 a	0,22 a
CV (%)	10,3	7,3	12,3	8,3	16,0	11,5	17,9	11,7

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

#### 4.2.6 Magnésio

Na Tabela 11 pode-se observar os teores médios de Mg foliar, em função de modos de aplicação e de doses de K, nos ensaios de Uberaba e Lavras. Em Uberaba não foi observado efeito dos tratamentos sobre a variável avaliada. Entretanto, os teores de Mg nas folhas da soja cultivada em Lavras decresceram de forma significativa com as doses de K (Figura 6), concordando com os resultados obtidos por Fonseca e Maurer (1997), que afirmam que o K pode afetar a cinética de absorção do Mg e que, em solos com alta disponibilidade de K, a sua exaustão junto à superfície radicular é necessária para favorecer uma adequada nutrição das plantas com Mg. Também Muzilli (1982) cita que a aplicação de doses elevadas de K promovem a diminuição da absorção de Mg, o que é atribuído ao antagonismo entre ambos. Resultados semelhantes foram relatados por Alvarenga e Lopes (1988), que constataram que o aumento nos teores e no suprimento de K correlacionaram-se inversamente com os teores foliares de Ca e Mg.

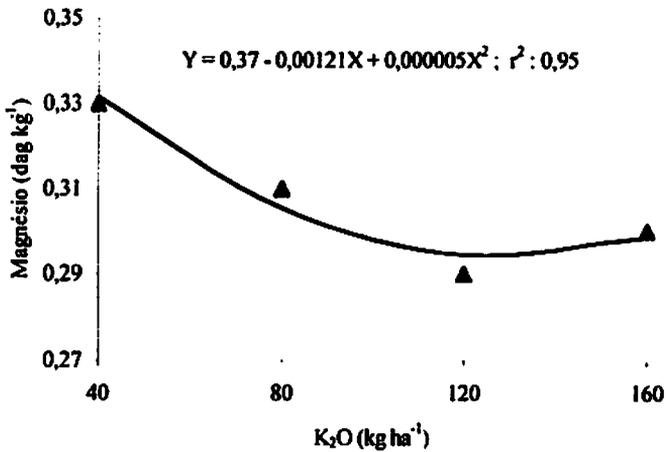


FIGURA 7 Teores médios de Mg nas folhas, em Lavras, em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Comparando os teores de Mg nas folhas coletadas nos dois ensaios, observam-se maiores teores desse nutriente em Uberaba, ou seja, 16% e 15% a mais, quando comparadas as médias que receberam K, independentemente dos modos e das doses e os tratamentos absolutos, sem K, respectivamente. Da mesma forma que o Ca, também o Mg no PVA era superior ao do LV, no momento do plantio, evidenciando, mais uma vez, a maior capacidade de absorção de nutrientes apresentada pelas plantas cultivadas no cerrado. Assim como os demais nutrientes, também os níveis de Mg das folhas dos dois ensaios situaram-se dentro de faixa ideal, que segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (19970, para o magnésio, varia de 0,3 a 1,0 dag kg<sup>-1</sup>. Deve-se salientar, entretanto, que nos dois locais os teores de magnésio ficaram bastante próximos do nível crítico inferior.

#### 4.2.7 Relação entre cálcio e potássio

A relação foliar entre os teores de Ca e K em ambos os ensaios foram influenciados significativamente pelo modo de aplicação, uma vez que nos dois casos a aplicação do K em cobertura causou o estreitamento da relação, quando comparado com os outros dois modos de aplicação (Tabela 11).

Nas folhas de soja do ensaio de Lavras, observou-se, ainda, efeito significativo das doses de K sobre a relação (Figura 8), uma vez que doses crescentes de K provocaram diminuição da variável. Esses resultados podem ser explicados não só pela elevação dos níveis de K, como também pela diminuição dos teores de Ca foliar com as doses crescentes de K aplicadas. A aplicação de K, independentemente dos modos ou das doses, causou efeito significativo na relação, em ambos os ensaios, quando comparados com a testemunha absoluta, sem K. Os resultados concordam com os citados por Tanaka et al. (1997); Muzilli (1982); Alvarenga e Lopes (1998), que afirmam a existência de antagonismo entre o K e o Mg.

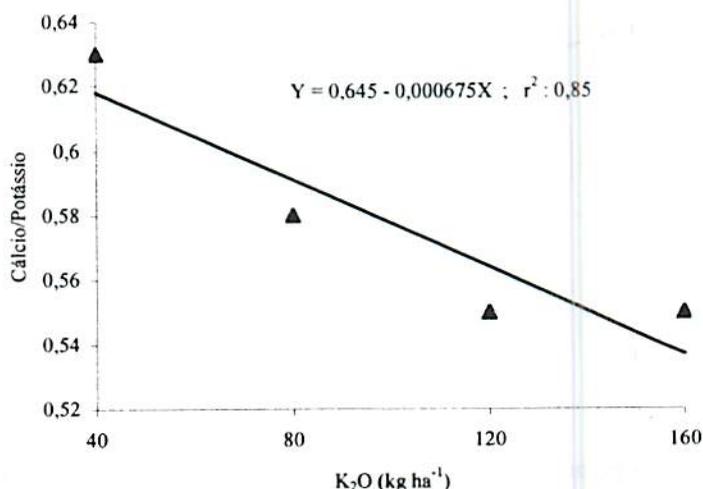


FIGURA 8. Valores médios da relação entre Ca e K nas folhas, em Lavras, em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

#### 4.2.8 Relação entre magnésio e potássio

Os valores médios da relação foliar entre os teores de Mg e K, em função de modos de aplicação e doses de K, são apresentados na Tabela 10. No ensaio de Uberaba não foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis avaliadas. Entretanto, no ensaio de Lavras, a aplicação de doses crescente de K promoveu efeito significativo na diminuição da relação, como pode ser observado na Figura 8, o que pode ser explicado, segundo Tanaka et al. (1997), pelo antagonismo entre os dois nutrientes. Também em Lavras observou-se efeito significativo da aplicação de K, independentemente do modo e das doses, sobre a relação em questão, quando comparada com a média obtida no tratamento testemunha, sem K. Os resultados obtidos podem ser explicados pelo aumento da concentração de K e diminuição na concentração de Mg foliar com as doses crescentes de K aplicado.

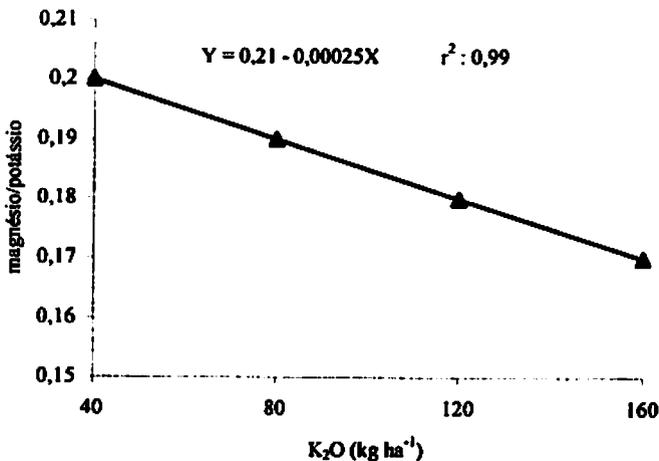


FIGURA 9. Valores médios da relação entre Mg e K nas folhas, em Lavras, em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Uma comparação entre os dois ensaios mostra resultados semelhantes da

relação entre Mg e K em ambos os ensaios.

#### **4.2.9 Boro, manganês, zinco e ferro**

Na Tabela 12 são observados os teores foliares de B, nos dois ensaios, em função de modos de aplicação e doses de K. Não foi observado qualquer efeito significativo dos diferentes tratamentos sobre a variável avaliada. No entanto, em ambos os ensaios, observou-se a tendência de diminuição dos teores de B foliar com o aumento das dose de K. Comparando-se os teores desse micronutriente nos dois ensaios, observa se que tanto na presença como na ausência de K, a soja cultivada em Uberaba apresentou maiores teores desse nutriente, ou seja 13.3 e 16 % , respectivamente. Considerando os valores citados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), que consideram com ideal teores foliares de B entre 21 e 55 mg kg<sup>-1</sup>, pode-se afirmar que em Lavras os teores do nutriente aproximou-se do nível crítico superior e, em Uberaba, chegou a ultrapassá-lo. No entanto, não foi detectado nenhum sintoma visual de excesso.

Assim como o B, os teores de Mn foliar, em ambos os ensaios, não foram influenciados significativamente pelos modos de aplicação ou doses de K (Tabela 12). Esses resultados discordam dos obtidos por Ventura (1987) que observou que a aplicação de doses crescentes de K promoveu queda no teor foliar de Mn. Uma comparação entre os dois ensaios mostra que os teores foliares de Mn nas plantas cultivadas em Uberaba foram 169% e 163% maiores, respectivamente, quando cultivada com e sem K, em comparação com as folhas das plantas cultivadas em Lavras. Comparando-se os resultados obtidos com a faixa ótima do nutriente nas folhas preconizada por Malavolta, Vitti e Oliveira, que varia de 21 a 100 g kg<sup>-1</sup>, pode-se afirmar que os teores do micronutriente, em ambos os locais, situa-se dentro da faixa ideal.

Também os teores de Zn nas folhas dos dois ensaios não foram influenciados significativamente pelos modos de aplicação ou doses de K (Tabela 12). Resultados diferentes são citados por Ventura (1987), em que a aplicação de K promoveu diminuição do Zn nas folhas da soja. No entanto os teores foliares do micronutriente, em Uberaba, foram, respectivamente, 9% e 6% superiores aos obtidos em Lavras, quando comparados aos tratamentos que receberam K, independentemente do modo ou da dose Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), os níveis adequados de Zn nas folhas da soja situam-se entre 21 e 50 mg kg<sup>-1</sup>, resultados compatíveis com os obtidos em ambos os ensaios.

Assim como os demais micronutrientes, também os teores foliares de Fe não sofreram influência significativa dos modos de aplicação e das doses de K (Tabela 12). Da mesma forma que o Mn e o Zn, os resultados obtidos foram discrepantes daqueles citados por Ventura (1987). Comparando-se os teores foliares de Fe dos dois ensaios, constata-se que a concentração do micronutriente nas folhas obtidas no ensaio de Uberaba foram 158% e 124% superiores às de Lavras, na presença e ausência de K, respectivamente. Para Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), os níveis adequados de Fe nas folhas da soja devem situar-se entre 51 e 350 mg kg<sup>-1</sup>. Em Lavras, os teores do micronutriente encontraram-se dentro desta faixa. No entanto, em Uberaba, os teores médios de Fe foram de 474 mg kg<sup>-1</sup>, ou seja, 35,4% superiores ao nível considerado tóxico, porém, não foi detectado qualquer sintoma visual de toxidez e nem efeito prejudicial na produtividade de grãos

TABELA 12 Valores médios dos teores de B, Mn Zn e Fe nas folhas, em função de modos de aplicação e doses de potássio, em Uberaba e Lavras. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Modos de Aplicação	B (mg kg <sup>-1</sup> )		Mn (mg kg <sup>-1</sup> )		Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras	Uberaba	Lavras
Plantio	60 a	52 a	84 a	33 a	49 a	43 a	497 a	199 a
Cobertura	60 a	52 a	84 a	33 a	50 a	48 a	572 a	231 a
Parcelado	60 a	52 a	86 a	31 a	52 a	48 a	507 a	188 a
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )								
40	61	55	87	32	51	47	591	208
80	62	53	78	32	49	44	482	199
120	59	50	86	33	49	44	512	192
160	58	50	89	31	51	49	516	215
Média	60 a	52 a	86 a	32 a	50 a	46 a	526 a	204 a
Test. Abs.	63 a	53 a	92 a	35 a	50 a	47 a	421 a	188 a
CV (%)	14,0	8,4	17,6	16,2	13,2	17,1	48,7	16,4

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

### **4.3 Análises dos solos após a colheita**

#### **4.3.1 Potássio solúvel**

Os resultados médios de K solúvel nos solos estudados a diferentes profundidades, nos dois locais, podem ser observados nas Tabelas 13 e 14. O teor de K na camada superficial do LV foi influenciado significativamente pela dose (Figura 10). O manejo em cobertura do fertilizante proporcionou maiores níveis do elemento na camada superficial, quando comparado com às outras duas formas, embora não apresente diferença significativa, o que é explicado pelo menor período de tempo decorrido entre a adubação e a coleta do solo para análise. Ainda nessa camada, observou-se que a aplicação crescente de K, quer seja no sistema de cobertura, quer seja parcelado, permitiu aumentos significativos nos níveis do nutriente. Outra constatação é que a aplicação de K, independentemente do modo ou da dose, propiciou incremento significativo do nutriente, quando comparado com a testemunha absoluta, sem K. Os resultados concordam com os dados obtidos por Alvarenga e Lopes (1988), que trabalhando em LR distrófico, concluíram que aumentos nas doses de K aplicadas causaram alterações nos teores de K do solo.

Ainda na Tabela 13 verifica-se que no solo PVA os níveis de K solúvel na camada de 0 a 20 cm não foram influenciadas significativamente pelos modos de aplicação e dose do insumo. Por outro lado, o teor do macronutriente na camada de 20 a 40 cm aumentou com as doses de K, quando aplicadas no plantio (Tabela 14 e Figura 11). Ainda nessa camada de solo, observou-se que a aplicação de fertilizante, independentemente do modo ou da dose, promoveu incremento no teor de K, quando comparado com a testemunha absoluta. Resultado semelhante foi obtido por Kanthack (1995), que trabalhando em LV,

TABELA 13 Valores médios de K solúvel e porcentagem de saturação por K, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, em Uberaba e Lavras, em função de modos de aplicação e doses de potássio. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Modos de Aplicação	K (mg dm <sup>-3</sup> )				Saturação por K (%)			
	Uberaba		Lavras		Uberaba		Lavras	
	0 a 20	20 a 40	0 a 20	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40	
Plantio	38 a	39 a	43 a	1,9 b	3,1 a	1,5 a	1,5 a	
Cobertura	52 a	35 a	53 a	2,6 a	3,3 a	1,8 a	1,4 a	
Parcelado	42 a	30 a	44 a	2,1 b	3,3 a	1,6 a	1,3 a	
Doses K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )								
40	33	29	37	1,6	2,9	1,4	1,2	
80	41	38	48	2,0	3,4	1,7	1,4	
120	51	37	49	2,6	3,5	1,7	1,3	
160	51	36	51	2,6	3,2	1,8	1,7	
Média	44 a	35 a	47 a	2,2 a	3,2 a	1,6 a	1,4 a	
Test. Abs.	29 b	22 b	30 b	1,4 b	3,5 a	1,1 a	1,0 a	
CV (%)	35,6	32,7	28,3	37,9	23,3	37,9	33,7	

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

observou que doses crescentes de K aplicadas ao solo, independentemente do modo de aplicação, promoveram aumentos nos teores de K solúvel do solo.

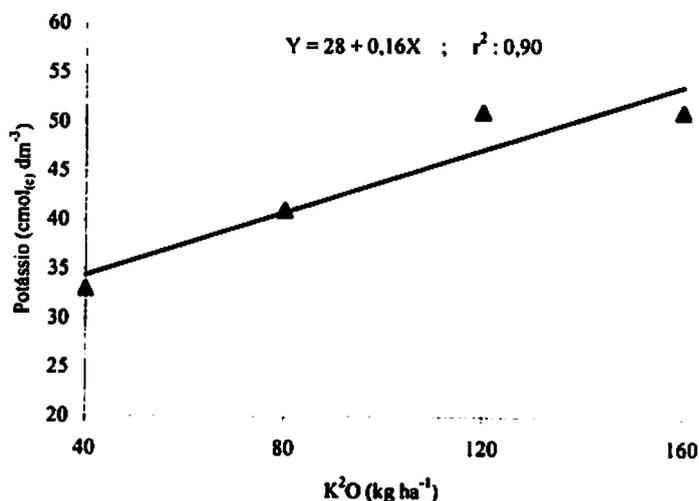


FIGURA 10 Teores médios de K solúvel, na camada de 0 a 20 cm, no LV (Uberaba), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

TABELA 14. Valores médios de K solúvel na prof. de 20 a 40 cm, do PVA (Lavras), em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

DOSES DE K (kg K <sub>2</sub> O.ha <sup>-1</sup> )	MODOS DE APLICAÇÃO			MÉDIA
	PLANTIO	COBERTURA	PARCELADO	
40	34	29	21	28
80	24	36	30	30
120	30	36	33	33
160	53	30	29	37
<b>MÉDIA</b>	<b>36</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>32 a</b>
<b>TESTEMUNHA ABSOLUTA (SEM K)</b>				<b>22 b</b>

CV (%) : 29,3

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

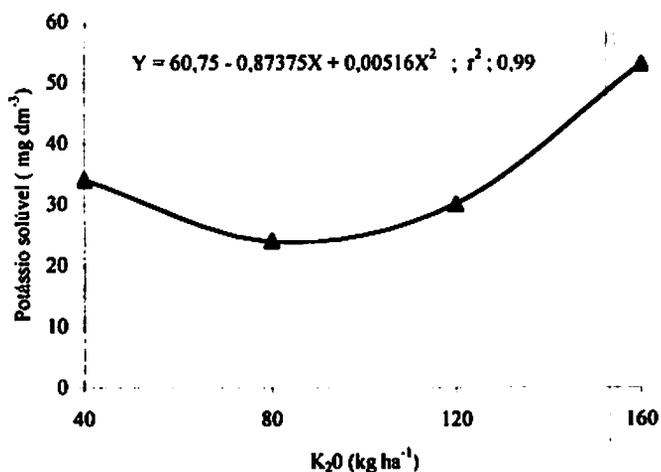


FIGURA 11. Teores médios de K solúvel, na profundidade de 20 a 40 cm do PVA (Lavras), em função de doses de K aplicadas no plantio. UFLA, Lavras-MG, 2000.

#### 4.1.5 Porcentagem de saturação por potássio

A influência dos modos de aplicação e doses de K sobre a saturação do nutriente são visualizadas na Tabela 13. Em Uberaba, observou-se efeito das doses (Figura 12) e modos de aplicação sobre o aumento da saturação do K, na camada de 0 a 20 cm, o que era esperado, uma vez que a aplicação do K promove o aumento da saturação do nutriente (Yamada, 1999). A saturação por K, no entanto, não atingiu o nível de 4%, citado por Yamada (1999), como sendo um valor considerado ótimo para a soja. Ainda na camada superficial, observou-se efeito significativo da aplicação de K, independentemente do modo ou da dose, sobre a saturação do elemento, quando comparada com a testemunha absoluta, sem K. Na profundidade de 20 a 40 cm não foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre a saturação do macronutriente. Observou-se, ainda, um aumento da saturação por K em profundidade, evidenciando uma maior

movimentação desse elemento no perfil do solo.

No ensaio de Lavras não foi observado nenhum efeito dos tratamentos sobre a saturação por K, quer seja na camada de 0 a 20 ou 20 a 40 cm.

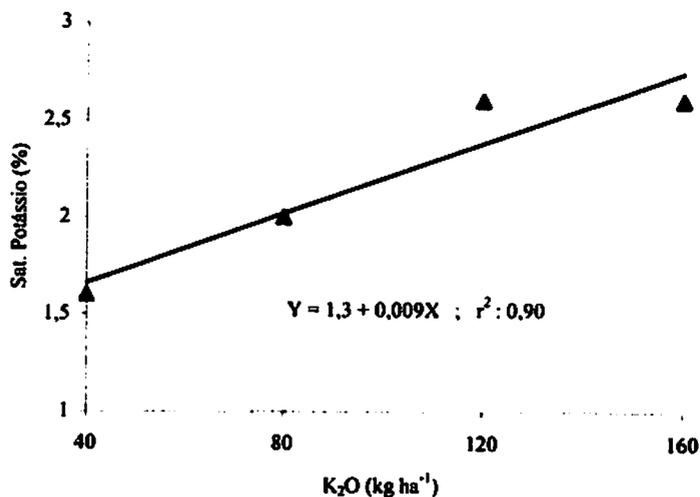


FIGURA 12. Porcentagem de saturação por K, na profundidade de 0 a 20 cm, no LV (Uberaba), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

#### 4.1.7 Cálcio trocável

Na Tabela 15 são mostrados os valores médios da concentração de Ca trocável, nos dois solos e em ambas profundidades, em função de modos de aplicação e doses de K, nos dois ensaios. O teor do elemento na camada

TABELA 15. Valores médios de Ca trocável e porcentagem de saturação de Ca, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, em Uberaba e Lavras, em função de modos de aplicação e doses de potássio. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Modo de Aplicação	Ca (cmol <sub>(c)</sub> dm <sup>-3</sup> )				Saturação de Ca (%)			
	Uberaba		Lavras		Uberaba		Lavras	
	0 a 20	21 a 40	0 a 20	21 a 40	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40
Plantio	1,5 a	0,9 a	3,5 a	1,6 a	30 a	24 a	47 a	26 a
Cobertura	1,5 a	1,0 a	3,2 a	1,3 a	29 a	26 a	44 a	22 a
Parcelado	1,6 a	1,0 a	3,2 a	1,4 a	29 a	26 a	46 a	25 a
Dose de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )								
40	1,5	1,0	3,2	1,3	29	26	45	23
80	1,6	1,0	3,3	1,3	30	27	45	23
120	1,4	0,9	3,4	1,5	28	25	46	25
160	1,4	0,8	3,4	1,6	28	24	46	26
Média	1,5 a	0,9 a	3,3 a	1,4 a	29 a	25 a	45 a	24 a
Test. Abs.	1,6 a	1,1 a	3,1 a	1,1 a	30 a	25 a	43 a	20 a
CV (%)	17,1	12,4	15,8	34,2	13,3	10,6	15,7	31,6

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

superficial do LV não foi influenciado significativamente pelos modos de aplicação e nem pelas doses de K. Ao contrário, os níveis de Ca na camada de 20 a 40 centímetros sofreram influência das doses de K (Figura 13). Segundo Raij (1982), é bem conhecido e decorrentes de princípios de troca iônica, que elevados níveis de K podem promover a lixiviação de Ca, o que explica os resultados. Também Alvarenga e Lopes (1988) citam que aumento nas doses de K aplicadas no solo podem levar o Ca a lixiviar-se. Em Lavras, em ambas as profundidades, os teores de Ca trocável não sofreram efeito das doses de K, o que pode ser explicado pela alta relação do nutriente com o Mg

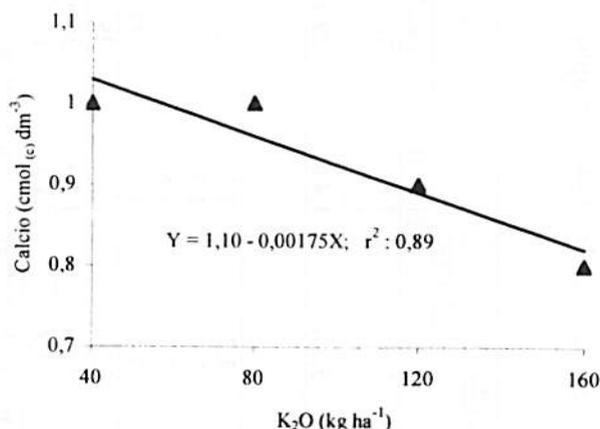


FIGURA 13 Teores médios de Ca trocável na profundidade de 20 a 40 cm do LV (Uberaba), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Análise dos dois ensaios mostram que no solo de Lavras os teores de Ca são bem superiores aos encontrados em Uberaba, para ambas as profundidades. Como era de se esperar, os teores de Ca diminuíram com a profundidade de coleta, em ambos os solos.

#### 4.3.4 Porcentagem de saturação por cálcio

Os teores médios de saturação por Ca em função de modos de aplicação e

doses de K são apresentados na Tabela 15. No ensaio conduzido em Uberaba, não foram detectados efeitos dos tratamentos sobre o parâmetro avaliado, na profundidade de 0 a 20 cm. No entanto, na profundidade de 20 a 40 cm houve efeito significativo de doses de K sobre a porcentagem de saturação do nutriente (Figura 14), o que, segundo Raij (1982), pode ser explicado pelo papel do K, quando em doses mais elevadas, em promover o deslocamento do Ca dos pontos de troca.

Em Lavras não foi detectado qualquer efeito dos modos de aplicação e das doses do elemento sobre a saturação por Ca.

Comparando-se os dois ensaios, verifica-se que na profundidade de 0 a 20 cm a saturação por Ca em Lavras foi 55% superior à de Uberaba. Já na profundidade de 20 a 40 cm, a porcentagem de saturação por Ca em Uberaba foi 4% superior a Lavras.

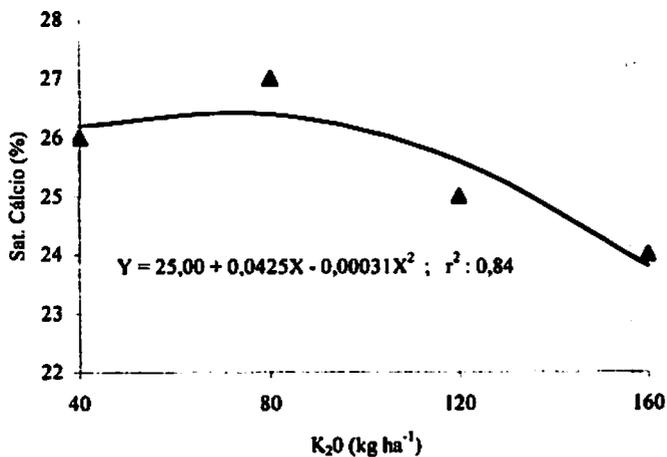


FIGURA 14 Porcentagem de saturação por Ca, na profundidade de 20 a 40 cm, no LV (Uberaba), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

#### 4.3.5 Magnésio trocável

Os resultados médios de Mg trocável, em ambos os ensaios nas duas profundidades amostradas em função de modos de aplicação e doses de K, são apresentados nas Tabelas 16 e 17.

Observa-se que as concentrações de Mg na camada superficial do solo de Uberaba foram influenciados pela interação entre os fatores testados, uma vez que o incremento das doses do fertilizante aplicado em cobertura promoveu diminuição no parâmetro em questão, quando comparado com os outros dois modos de aplicação. (Tabela 16 e Figura 16). Já na profundidade de 20 a 40 cm foi detectado efeito de doses de K sobre os teores do Mg (Figura 15), uma vez que doses crescentes promoveram diminuição na concentração do mesmo. Tais resultados concordam com os dados obtidos por Raji (1982) e Alvarenga e Lopes (1988), que afirmam que doses crescentes de K aplicadas ao solo podem levar à diminuição nos teores de Mg, devido à sua lixiviação.

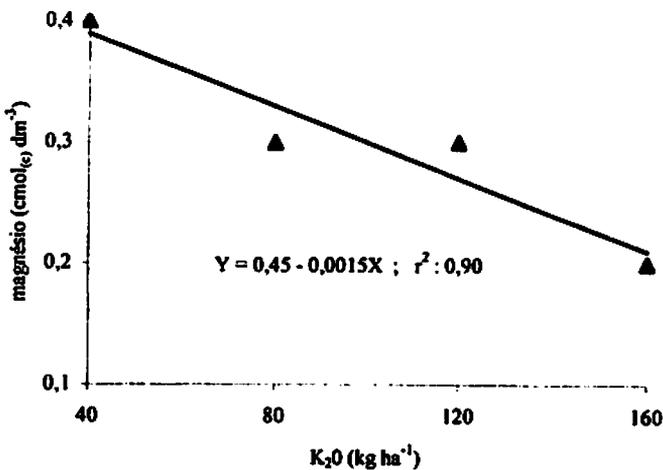


FIGURA 15 Teores médios de Mg trocável na profundidade de 20 a 40 cm, no LV (Uberaba), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

No ensaio conduzido em Lavras não foi detectada influência significativa

das doses de K sobre os teores do Mg na camada superficial. No entanto, na profundidade de 20 a 40 cm, observou-se efeito significativo dos modos de aplicação, uma vez que o teor de Mg foi inferior quando o K foi aplicado em cobertura, quando comparado com os outros dois modos de aplicação. Ainda na camada de 20 a 40 cm observou-se efeito significativo da aplicação de K, independentemente da dose ou do modo, quando comparado com a testemunha absoluta, sem K, o que segundo Raij (1982) pode ser explicado pelo efeito de altas concentrações de K, promovendo o deslocamento do Mg trocável.

Uma comparação entre os dois ensaios mostra que os teores de Mg no solo do Sul de Minas é, em média, 3 vezes maior que no solo do Triângulo, em ambas as profundidades, atingindo níveis alto e médio, respectivamente, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, ao contrário do solo de Uberaba, que apresenta níveis baixos de Mg em ambas as profundidades.

TABELA 16. Valores médios dos teores de Mg trocável, na profundidade de 0 a 20 cm, do solo de Uberaba, em função de modos de aplicação e dose de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

DOSES DE K ( kg K <sub>2</sub> O.ha <sup>-1</sup> )	MODOS DE APLICAÇÃO			MÉDIA
	PLANTIO	COBERTURA	PARCELADO	
40	0,4	0,6	0,4	0,5
80	0,4	0,5	0,5	0,5
120	0,4	0,5	0,5	0,5
160	0,5	0,4	0,4	0,4
MÉDIA				0,5 a
TESTEMUNHA ABSOLUTA ( SEM K )				0,6 a

CV (%) : 18,6

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

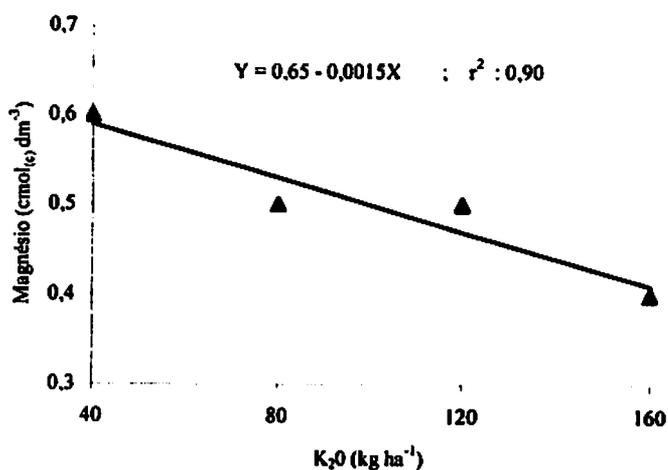


FIGURA 16. Teores médios de Mg trocável na profundidade de 0 a 20 cm, no LV (Uberaba), em função de doses de K, aplicadas em cobertura. UFLA, Lavras-MG, 2000.

#### 4.1.7 Porcentagem de saturação por magnésio

As médias de porcentagem de saturação por Mg, em função de modos de aplicação e doses de K, são visualizados nas Tabelas 17 e 18. Na profundidade de 0 a 20 cm em Uberaba houve efeito significativo da interação entre modos de aplicação e doses do fertilizante (Figura 17 e Tabela 18). Nesse caso, observou-se que quando o K foi aplicado em cobertura, houve uma diminuição na saturação do nutriente, o que pode ser explicado pelo menor tempo decorrido entre a aplicação do K e a coleta do solo para análise. Na profundidade de 20 a 40 cm não foi observado nenhum efeito dos tratamentos sobre a porcentagem de saturação por Mg.

TABELA 17 Valores médios de Mg trocável e porcentagem de saturação de Mg, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, em Uberaba e Lavras, em função de modos de aplicação e doses de potássio. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Modo de Aplicação	Mg (cmol <sub>(c)</sub> dm <sup>-3</sup> )			Saturação de Mg (%)		
	Uberaba	Lavras		Uberaba	Lavras	
	20 a 40	0 a 20	20 a 40	20 a 40	0 a 20	20 a 40
Plantio	0,3 a	1,6 a	1,0 a	8,0 a	21,6 a	15,8 a
Cobertura	0,3 a	1,5 a	0,8 b	8,3 a	20,4 a	13,0 b
Parcelado	0,3 a	1,5 a	0,9 a	8,0 a	22,1 a	15,5 a
Dose de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )						
40	0,4	1,6	0,8	9,2	21,6	13,8
80	0,3	1,5	0,8	8,0	21,3	14,8
120	0,3	1,6	0,9	7,6	21,2	15,3
160	0,2	1,5	0,9	7,7	21,3	15,2
Média	0,3 a	1,5 a	0,9 a	8,1 a	21,3 a	14,8 a
Test. Abs.	0,6 a	1,5 a	0,6 b	7,8 a	21,2 a	11,5 a
CV (%)	21,2	15,5	24,4	21,8	14,2	22,5

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

TABELA 18. Valores médios de porcentagem de saturação por Mg, na profundidade de 0 a 20 cm, no LV (Uberaba), em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

DOSES DE K ( kg K <sub>2</sub> O.ha <sup>-1</sup> )	MODOS DE APLICAÇÃO			MÉDIA
	PLANTIO	COBERTURA	PARCELADO	
40	8,6	10,8	8,4	9,3
80	7,9	10,1	10,2	9,4
120	8,3	9,5	10,0	9,3
160	10,0	8,7	7,8	8,8
MÉDIA	8,7	9,8	9,1	9,2 a
TESTEMUNHA ABSOLUTA ( SEM K )				8,0 a

CV (%) : 21,8

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott

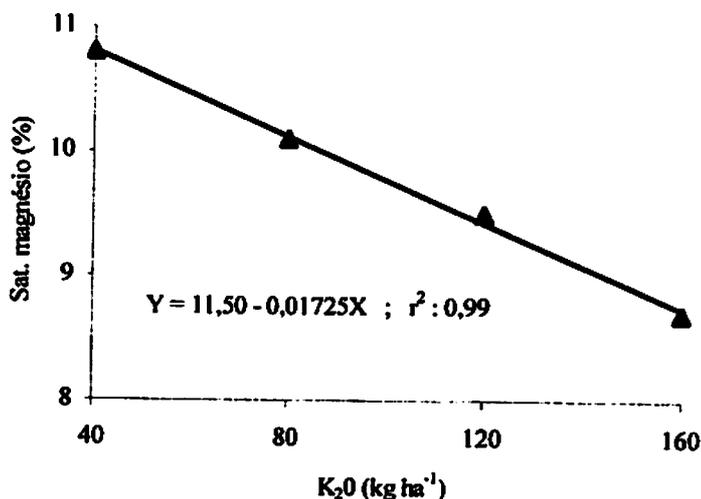


FIGURA 17. Porcentagem de saturação por Mg, na profundidade de 0 a 20 cm, no LV (Uberaba), em função de doses de K, aplicadas em cobertura. UFLA, Lavras-MG, 2000.

No ensaio conduzido em Lavras, não foram observados efeitos significativos dos tratamentos sobre o parâmetro em questão, na profundidade de 0 a 20 cm. Porém, na profundidade de 20 a 40 cm, a saturação por Mg foi influenciada pelo modo de aplicação do K, uma vez que a aplicação em cobertura promoveu diminuição na variável, quando comparada com os outros dois modos de aplicação.

#### 4.3.7 Relação entre cálcio e potássio

Os resultados médios da relação entre os teores de Ca e K, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, em ambos os solos, em função de modos de aplicação e doses de K, podem ser visualizados na Tabela 19. Em Uberaba houve efeito significativo de doses sobre a relação em ambas as camadas, como pode ser visto nas Figuras 18 e 19, abaixo, o que pode ser explicado pelo aumento do K solúvel nessas camadas, promovendo o deslocamento do Ca para as camadas mais profundas do solo, hipótese constatada por Rajj (1982) e Alvarenga e Lopes (1988). Também a aplicação do macronutriente, independentemente dos modos de aplicação ou das doses, influenciou significativamente a relação entre o Ca e o K, quando comparada com a testemunha absoluta, sem K nas duas profundidades. Na camada de 20 a 40 cm do mesmo solo foi observado efeito significativo não só das doses (Tabela 19), mas também do modo de aplicação, uma vez que as aplicações do adubo em cobertura promoveu diminuição da relação, quando comparadas com os outros dois modos de aplicação. Essa tendência pode ser explicada pela movimentação do K em profundidade, quando comparada com os outros dois modos de aplicação. Ainda nessa camada observou-se efeito significativo do K, independentemente do modo de aplicação e da dose, sobre a relação, quando

comparada com a testemunha absoluta, sem K.

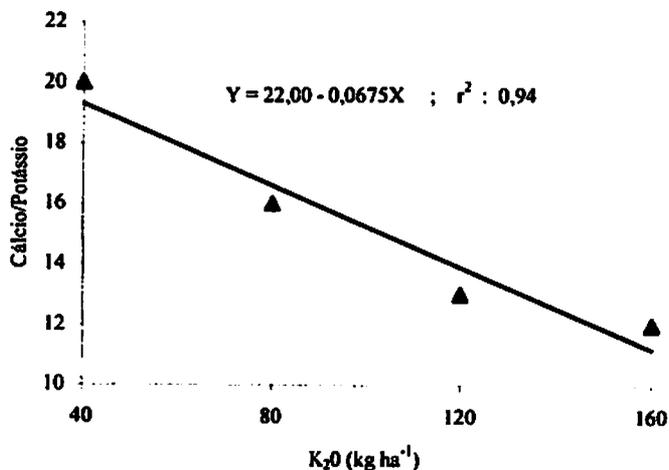


FIGURA 18. Relação entre os teores médios de Ca e K, na profundidade de 0 a 20 cm, no LV (Uberaba), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Em Lavras, foi observado efeito significativo dos modos de aplicação sobre a relação em questão, na camada de 0 a 20 cm. Como era de se esperar, a aplicação do fertilizante em cobertura promoveu uma menor relação, quando comparada com os outros dois modos de aplicação. Ainda na profundidade de 0 a 20 cm do PVA, observou-se efeito significativo da aplicação de K, independentemente do modo ou da dose, sobre a relação, quando comparada com a testemunha absoluta, sem K. A relação entre o Mg e o K na profundidade 20 a 40 cm do PVA não foi afetada significativamente afetada pelos tratamentos.

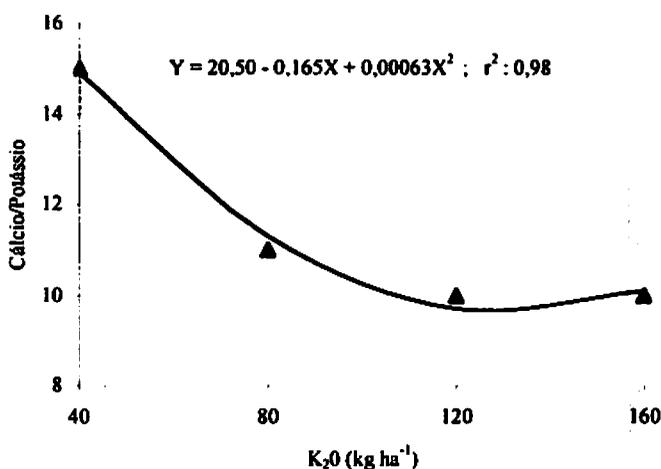


FIGURA 19 Relação entre os teores médios de Ca e K, na profundidade de 20 a 40 cm, no LV (Uberaba), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

#### 4.1.5 Relação entre magnésio e potássio

Na Tabela 19 são apresentados os resultados médios das relações entre Mg e K, em função de modos de aplicação e doses de K. No ensaio conduzido em Uberaba, foi observado efeito significativo das doses crescentes do adubo sobre a diminuição da relação, em ambas as profundidades (Figuras 20 e 21), o que pode ser explicado pelo efeito de doses crescentes de K, deslocando o Mg dos pontos de troca e promovendo a sua lixiviação (Raij, 1982; Alvarenga e Lopes, 1988). Entretanto, em Lavras, na camada e 0 a 20 cm, observou-se efeito significativo de modos de aplicação e doses de K sobre a relação. Como era de se esperar, a aplicação do adubo.

TABELA 19. Valores médios das relações entre Ca/K e Mg/K nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, em Uberaba e Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Modos de Aplicação	Relação Ca/K						Relação Mg/K					
	Uberaba		Lavras		Uberaba		Lavras		Uberaba		Lavras	
	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40
Plantio	17 a	10 a	35 a	20 a	5 a	3 a	16 a	12 a				
Cobertura	13 a	8 b	26 b	16 a	5 a	4 a	12 b	10 b				
Parcelado	16 a	13 a	30 a	22 a	5 a	4 a	15 a	13 a				
Doses K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )												
40	20	15	35	20	7	5	17	12				
80	16	11	30	19	5	4	13	11				
120	13	10	27	21	4	3	14	12				
160	12	10	28	18	4	3	12	11				
Média	16 a	12 a	30 a	19 a	5 a	5 a	14 b	12 a				
Test. Abs.	22 b	19 b	40 b	19 a	6 a	4 a	20 a	11 a				
	30,7	38,7	29,8	36,7	36,3	40,8	32,7	30,9				

\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

em cobertura promoveu uma menor relação, quando comparada com os outros dois modos de aplicação. Também as doses crescentes do adubo promoveram uma diminuição significativa na relação, como pode ser vista na Figura 22. Ainda na profundidade de 0 a 20 cm do PVA, observou-se efeito significativo da aplicação de K, independentemente do modo ou da dose, sobre a relação, quando comparada com a testemunha absoluta, sem K. A relação entre Mg e K, na profundidade 20 a 40 cm do PVA, foi afetada significativamente pelo modo de aplicação do adubo, uma vez que a aplicação em cobertura promoveu uma menor relação do que os outros dois modos.

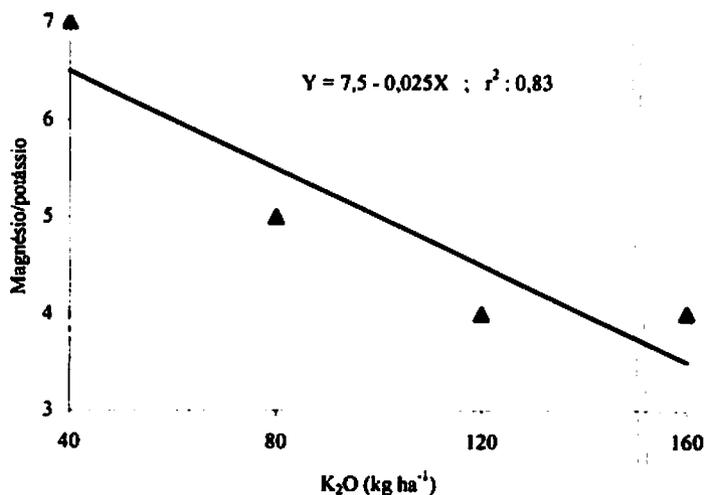


FIGURA 20. Relação entre os teores médios Mg e K, na profundidade de 0 a 20 cm, do LV (Uberaba), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

Comparando-se as relações dos dois ensaios, observa-se que em Lavras as relações foram 180 e 140% superiores à de Uberaba, respectivamente nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm.

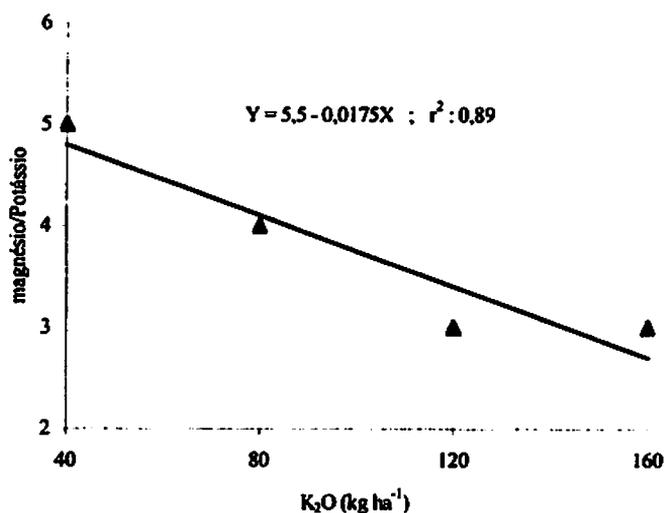


FIGURA 21 Relação entre os teores médios de Mg e K, na profundidade de 20 a 40 cm, no LV (Uberaba), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

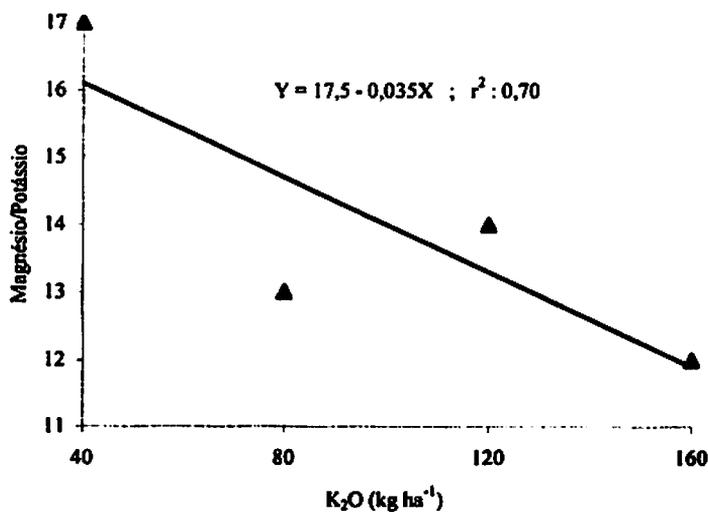


FIGURA 22 Relação entre os teores médios de Mg e K, na profundidade de 0 a 20 cm, no PVA (Lavras), em função de doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

## 5. CONCLUSÕES

No LV de Uberaba a produtividade de grãos foi afetada significativamente em função das doses de K em cobertura. A aplicação do nutriente, independentemente das doses ou dos modos, diferiu da testemunha sem K nas variáveis produtividade de grãos e rendimentos de óleo e proteína e teor de K nas folhas. Os teores de N e Ca nas folhas foram afetados pelo modo de aplicação do K, e as doses do nutriente influenciaram o vigor de sementes e altura e plantas. Com relação às variáveis no solo após colheita, observou-se efeito de doses de K nos teores de K solúvel, Ca e Mg trocáveis e nas porcentagens de saturação dos mesmos.

No PVA de Lavras, a aplicação de K em cobertura mostrou-se inferior aos demais tratamentos, quando se avaliaram produtividade e porcentagem de proteína nos grãos. A aplicação de K, independentemente do modo ou das doses diferiram da testemunha sem K nas variáveis vigor de sementes, porcentagem de óleo e teor de K nas folhas. Os teores de Ca e Mg nas folhas, além das relações do Ca e do Mg com o K, decresceram com as doses de K. Com relação às variáveis do solo, observou-se aumento no K solúvel quando o adubo foi aplicado no plantio e diminuição do Mg trocável, quando o K foi aplicado em cobertura. A relação entre Mg e K diminuiu com as doses de K.

A produtividade de grãos, rendimentos de óleo e proteína, germinação e vigor das sementes e os teores de N, P, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn e Fe nas plantas cultivadas em Uberaba foram sempre superiores àquelas obtidas em Lavras.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez do solo: características e interpretações técnicas**, São Paulo : ANDA, 1992. 26p. (ANDA. Boletim técnico, 6).
- ALVARENGA, M. I. N., LOPES, A. S. **Influência da adubação potássica no equilíbrio de cátions em Latossolo Roxo distrófico, fase cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.347-355, Abr. 1988.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE RAÇÃO-ANFAR. **Métodos analíticos de controle de alimentos para uso animal**. São Paulo, 1992. s.p.
- BERNARD, R. L.; CHAMBERLAIN, D. W. e LAWRENCE, R. E. **Results of the cooperative uniform soybean tests**. Washington, USDA, 1965. 134 p.
- BORKERT, C. M.; FARIAS, J. R. B.; SFREDO, G. J.; TUTIDA, F.; SPOLIDORI, C. L. **Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo álico Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.11, p.1119-1129, Nov. 1997a.
- BORKERT, C. M.; FARIAS, J. R. B; SFREDO, G. J.; TUTIDA, F.; SPOLIDORI, C. L. **Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo distrófico. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p.1235-1249, Dez. 1997b.
- BORKERT, C. M.; SFREDO G. J.; FARIAS J. R. B.; TUTIDA, F.; SPOLIDORI, C. L. **Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo eutrófico. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.10, p.1009-1022, Out, 1997c.
- BORKERT C. M. ; SILVA, D. N. da ; SFREDO, G. J. **Calibração de potássio nas folhas de soja em Latossolo Roxo distrófico. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v17, n.2, p.227-230, Maio/Ago. 1993 a.
- BORKERT, C. M. ; SFREDO G. J.; SILVA, D. N. da. **Calibração de potássio trocável para a soja em Latossolo Roxo distrófico. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.2, p. 223-226, Maio/Ago. 1993 b.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análises de sementes.** Brasília: SNAD/DNPV/ CLAD, 1992. 365p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Padrões estaduais de sementes.** Brasília: EMBRAPA/SPSC, 1993. 47p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação.** Viçosa, 1999. 359p.

DANTAS FILHO, L. E. **Agricultura mineira; 1988.** Belo Horizonte: GCEA/MG, 1999. 347p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPLS, 1998. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil, 1999/2000.** Londrina, 1999. 226p. (Documentos, 132).

ESPINOSA, W. e REIS, A.E.G. dos. **Lixiviação de Ca, K e Mg em um Latossolo Vermelho Escuro (LE) de cerrados. I. Magnitude do fenômeno na época chuvosa.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, n.2, p.299-317, Fev. 1982.

FERNANDES, D. M.; ROSSETO, C. A.; ISHIMURA, I. ; ROSELEM C. A. **Nutrição da soja e formas de potássio no solo em função de cultivares e adubação potássica.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.3, p.405-410, Set./Dez. 1993.

FLANNERY, R.L. **Plant food uptake in a maximum yield soybean study.** *Better Crops With Plant Food*, Atlanta, v.70, p.6-7. 1986.

FONSECA, J. A. da ; MEURER E. J. **Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, n.1, p.47-50, Jan./Mar. 1997.

- METAMIG. Recursos minerais do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1982. p.99-103.**
- MUZILLI, O. Nutrição e adubação potássica da soja no Brasil. In: INSTITUTO DA POTASSA. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, 1982. p.339-372.**
- NOVO, M. C. S. S.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; BORTOLETTO, N.; GALLO, P.B.; VARGAS, A. Influência do potássio no crescimento e no rendimento de soja cultivada no inverno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.23, n.1, p.33-41, Jan. 1997.**
- OLIVEIRA, F. A. de; SANTANA e SILVA J. J.; VILELA L. e SOUSA, D. M. G. de. Doses e métodos de aplicação de potássio em solo dos cerrados da Bahia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.27, n.11, p.1485-1495, Nov. 1992.**
- PETERSON, W.B. e BARBER, S.A. Soybean root morphology an K uptake. Agronomy Journal, Madison, v.73, n. 2, p. 316-319, Mar./Apr. 1981.**
- PREZOTTI, L. C. e DEFELIPO, B. V. Formas de potássio em solos do estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.11, n. 2, p.109-114, Maio/Ago. 1987.**
- RAIJ, B. V. Disponibilidade de potássio em solos do Brasil. In: INSTITUTO DA POTASSA. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, 1982. p. 67-76.**
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Ceres, 1991. 343p.**
- RICCI, M. S. F.; DEFELIPO, B. V. ; COSTA, L. M. e REZENDE, S. B. As frações granulométricas do solo como reserva de potássio para as plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.13, n.2, p.181-186, Maio/Ago. 1989.**
- RITCHEY, K. D.; CERKAUSKAS, R. F.; SILVA, J. E. da ; VILELA, L. Residual effects of potassium and magnesium on soybean yield and on disease incidence in cerrado dark red latosol. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.22, n.8, p.825-32, Ago.1987.**

- ROSELEM, C. A.; MACHADO, J. R.; MAIA, I. G.; NAKAGAWA, J. Respostas da soja ao magnésio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.47-54, Jan./Abr. 1992.
- ROSELEM, C. R.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R. Adubação potássica da soja em Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.11, p1319-1326, Nov. 1984.
- ROSELEM, C. R.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R. ; YAMADA, T. Efeitos de modo de aplicação, doses e fontes de potássio na produção da soja. **Revista de Agricultura**. Piracicaba, v.54, p.13-19, 1979.
- ROSSETO, C. A. V.; FERNANDES, D. M. ; ISSAO, I. ; ROSELEM C. A. Diferentes respostas de cultivares de soja ao potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.10, p.1225-1231, Out. 1995.
- SACRAMENTO, L. V. S do; e ROSELEM C. A. Cinética de absorção do potássio e seus ajustes em plantas de soja em função da idade e estado nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Piracicaba, v.21, n.2, p.213-219, Abr./Jun. 1997.
- SALE, P. W. G.; CAMPBELL, L. C. Yield and composition of soybean seed as function of potassium supply. **Plant and Soil**, Dordrichti, v.96, n. 3, p.317-325, 1986.
- SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. distribuição do potássio no perfil do solo , influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.1, p.45-50, Jan./Abr. 1985.
- SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em Latossolo Húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, n.1, p.57-62, Jan./Mar. 1998a.
- SCHERER, E. E. Resposta da soja a adubação potássica em Latossolo Húmico distrófico num período de doze anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, n.1, p.49-55, Jan./Mar. 1998b.

- SIG, J. W.; TURNER, F. T.; WHITNEY, N. G. Supression of anthracnose on soybeans with potassium fertilizer and benomyl. **Better Crops With Plant Food**, Atlanta, v.77, n.1, p.12-13, 1992/93.
- SILVA, D. N. da; MEURER, E. J.; KÄMPF, N ; BORKERT, C. M. Mineralogia e formas de potássio em dois Latossolos do estado do Paraná e suas relações com disponibilidade para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.3, p.433-439, Set./Dez. 1995.
- SILVA, J. E.; RITCHEY, K. D. Adubação potássica em solos de cerrado. In: INSTITUTO DA POTASSA. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, 1982. p.323-338.
- SNYDER, C.; ASHLOCK, L. O. Late-season potassium deficiency symptoms in Southern soybeans. **Better Crops With Plant Food**, Atlanta, v. 80, n.2, p.10-11, 1996.
- SOARES, E.; LIMA, L. A. de; MISCHAN, M. M.; MELLO, F. A. F.; BOARETTO, A. E. Efeito da adubação potássica na absorção do K, Ca e Mg por plantas de soja. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.58, n.3 , p.141-157, Out. 1983.
- SOUSA, D.M.G. Conseqüência da calagem excessiva e deficiência de manganês nos cerrados. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 18, 1996 Uberlândia. **Ata de resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGRO, 1997. p.131-135.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. ; MIRANDA, L.N. de. Correção do solo e adubação da cultura da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (ed). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.137-158.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. **Soja: nutrição, correção do solo e adubação**. São Paulo: Fundação Cargill, 1992. 60p. (Série Técnica, 7).
- TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT. C.M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P.I.M. (ed). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.105-135.

- TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; MURUOKA, T.; GALLO, P. B. Changes in soybean quality resulting from applications of lime and potassium fertilizer. *Plant Nutrition*, 943-944. 1997.
- TAVOLA, J. A. de M. Reservas minerais de potássio e suas explorações. In: INSTITUTO DA POTASSA. *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba, 1982. p 37-50.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. e HAVLIN, J. L. *Soil Fertility and Fertilizer*. 5. ed. New York: MacMillan Publishers Company, 1993. 634p.
- UNSHERWOOD, N. R. Interação do potássio com outros íons. In: INSTITUTO DA POTASSA. *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba, 1982. p. 227-247.
- UNSHERWOOD, N. R. Potassium interactions and balanced plant nutrition. *Better Crops With Plant Food*, Atlanta, v.77, n.1, p.26-27, 1993/94.
- VENTURA, C. A. D'O. Níveis de potássio, cálcio e magnésio em solução nutritiva influenciando o crescimento e a composição de soja (*Glicine max*) (L.), cv. Paraná. Piracicaba: ESALQ, 1987. 65p. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- YAMADA, T. Adubação da soja para alta produtividade. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.86, p.1-7, Jun. 1999.
- YAMADA, T. A nutrição mineral e a resistência das plantas as doenças. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.72, p.1-4, Dez. 1995.
- YAMADA, T. Uso eficiente do fertilizante potássico. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.23, p.1-8, Set. 1983.
- YAMADA, T.; BORKERT, C. M. Adubação potássica da soja. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.55, p.1-3, set. 1994.
- YAMADA, T.; CASTRO, J. R. P. Uso eficiente de potássio e micronutrientes na cultura da soja *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.75, p. 1-2, Set. 1996.

TABELA 1A. Resumo da análise de variância de, germinação, peso de 100 sementes, acamamento e altura de plantas, em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras, MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância			
		Germinação	Peso 100 sementes	Acamamento	Altura de plantas
Entre modos	2	0,00050	0,12275	0,02451	23,89
Entre doses	3	0,00103	0,38460	0,03736	3,74
Modos X Doses	6	0,00274	0,25754	0,04786	6,78
Fat. Vs testemunha	1	0,00240	0,75951	0,10775	1,88
Blocos	3	0,03768*	0,01945	0,00862	14,63
Erro	36	0,00175	0,22983	0,04131	10,00
Total	51				
C.V. (%)		3,7	2,8	17,5	3,2

TABELA 2A. Resumo da análise de variância de altura de 1º legume, óleo, proteína, rendimentos de óleo e de proteína, em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras, MG, 2000

Fator de variação	GL	QM e significância				
		Altura 1ª vagem	óleo	Proteína	Rend. óleo	Rend. proteína
Entre modos	2	0,0208	0,00012	0,00015	1.358	41.134
Entre doses	3	0,6875	0,00011	0,00034	766	844
Modos X Doses	6	7,1042	0,00015	0,00022	4.187	14.134
Fat. Vs testemunha	1	10,002	0,00104**	0,00128*	81.072**	253.811*
Blocos	3	2,9936	0,00012	0,00037	9.267	53.195
Erro	36	3,1464	0,00010	0,00027	8.588	26.190
Total	51					
C.V. (%)		10,1	2,2	2,4	13,7	12,6

TABELA 3A. Resumo da análise de variância de produtividade, germinação, vigor, peso de 100 sementes e acamamento, em Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

Fator de variação	GL	QM e significância				
		produtividade	Germinação	vigor	Peso 100 sem.	Acamamento
Entre modos	2	595.145*	0,00620	0,00060	0,35346	0,01750
Entre doses	3	64.999	0,00296	0,02454	0,13371	0,03957
Modos X Doses	6	92.063	0,00330	0,04168	0,24683	0,03982
Fat. Vs testemunha	1	43.667	0,00342	0,13826*	0,23120	0,00552
Blocos	3	215.544	0,00210	0,65520*	0,19758	0,31329**
Erro	36	163.453	0,00422	0,01964	0,55481	0,04824
Total	51					
C.V. (%)		15,8	7,2	16,1	4,1	17,0

93

TABELA 4A. Resumo da análise de variância de altura de plantas, altura de 1° legume, proteína, rendimento de óleo e de proteína, em Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

Fator de variação	GL	QM e significância				
		Altura de plantas	Altura de 1° legume	proteína	Produção de óleo	Produção proteína
Entre modos	2	4,31	0,2708	0,00031	18.544	90.260*
Entre doses	3	27,41*	1,1389	0,00043	3.146	10.221
Modos X Doses	6	3,20	1,6597	0,00017	2.363	15.993
Fat. Vs testemunha	1	1,17	0,1603	0,00000	518	7.260
Blocos	3	4,38	1,8974	0,00006	5.101	31.077
Erro	36	4,07	1,7586	0,00017	6.371	27.690
Total	51					
C.V. (%)		2,8	11,4	1,9	16,4	16,9

TABELA 5A. Resumo da análise de variância dos teores foliares de N, P, K, S e Ca, em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras- MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância				
		N	P	K	S	Ca
Entre modos	2	0,22731*	0,00363	0,03741	0,01523	0,10937*
Entre doses	3	0,00884	0,00527	0,04945	0,00739	0,01937
Modos X Doses	6	0,05196	0,00294	0,02810	0,00698	0,08550
Fat. Vs testemunha	1	0,02881	0,00370	0,11908	0,00195	0,03376
Blocos	3	0,09268	0,01503*	0,56566*	0,02519*	0,04924*
Erro	36	0,04900	0,00309	0,04102	0,00558	0,01516
Total	51					
C.V. (%)		4,1	17,3	10,9	22,7	10,3

94

TABELA 6A. Resumo da análise de variância dos teores foliares de Mg, B, Mn e Zn, em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância			
		Mg	B	Mn	Zn
Entre modos	2	0,00141	0,61	23,09	31,71
Entre doses	3	0,00190	41,35	267,93	9,57
Modos X Doses	6	0,00143	66,76	270,00	62,34
Fat. Vs testemunha	1	0,00154	26,13	192,74	0,08
Blocos	3	0,00866	825,86**	5.354,65**	20,25
Erro	36	0,00203	71,80	227,57	44,23
Total	51				
C.V. (%)		12,3	14,0	17,6	13,2

TABELA 7A. Resumo da análise de variância do teor foliar de Fe e relações foliares entre o Ca e o K e entre o Mg e o K, em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância		
		Fe	Relação Ca/K	Relação Mg/K
Entre modos	2	26.234	0,05966*	0,00097
Entre doses	3	25.807	0,01490	0,00213
Modos X Doses	6	16.721	0,00405	0,00052
Fat. Vs testemunha	1	13.423	0,01949	0,00041
Blocos	3	490.469**	0,09294*	0,01111*
Erro	36	62.932	0,01084	0,00127
Total	51			
C.V. (%)		48,7	16,0	17,9

96

TABELA 8A. Resumo da análise de variância dos teores foliares de N, P, K, e S, em Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância			
		N	P	K	S
Entre modos	2	0,04828	0,00025	0,05583	0,00061
Entre doses	3	0,01119	0,00017	0,02553	0,00009
Modos X Doses	6	0,01746	0,00036	0,01071	0,00015
Fat. Vs testemunha	1	0,00319	0,00001	0,08610*	0,00001
Blocos	3	0,79970*	0,00538**	0,01569	0,05660**
Erro	36	0,03502	0,00024	0,01866	0,00893
Total	51				
C.V. (%)		4,1	6,3	8,0	5,9

TABELA 9A. Resumo da análise de variância dos teores foliares de B, Mn, Zn e Fe, em Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância			
		B	Mn	Zn	Fe
Entre modos	2	0,85	25,45	146,64	1.081,10
Entre doses	3	53,79	8,04	60,13	1.260,85
Modos X Doses	6	19,86	12,14	60,22	1.128,29
Fat. Vs testemunha	1	1,23	19,96	4,43	1.139,57
Blocos	3	14,64	318,35**	855,63	16.073,70**
Erro	36	19,43	27,62	63,13	1.148,22
Total	51				
C.V. (%)		8,4	16,2	17,1	16,4

96

TABELA 10A. Resumo de análise de variância de Ca trocável, e porcentagem de saturação de Ca, na profundidade de 0 a 20 cm, em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses K. UFLA, Lavras0-MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância	
		Ca	Saturação Ca
Entre modos	2	0,02437	8,540
Entre doses	3	0,05583	7,210
Modos X Doses	6	0,06104	11,551
Fat. Vs testemunha	1	0,06758	1,741
Blocos	3	0,07455	26,801
Erro	36	0,06584	16,148
Total	51		
C.V. (%)		17,1	13,3

TABELA 11A. Resumo de análise de variância de K solúvel, saturação por K e por Mg, na profundidade de 20 a 40 cm, em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância		
		K	Sat. de K	Sat. Mg
Entre modos	2	297,75	0,26354	0,580
Entre doses	3	205,58	0,95033	6,044
Modos X Doses	6	92,06	0,57851	4,768
Fat. Vs testemunha	1	472,51	0,13425	0,510
Blocos	3	184,53	0,23478	0,923
Erro	36	123,89	0,94458	3,126
Total	51			
C.V. (%)		32,7	23,3	21,8

97

TABELA 12A. Resumo de análise de variância de, K solúvel, Ca e Mg trocáveis, na profundidade de 0 a 20 cm, em Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância		
		K	Ca	Mg
Entre modos	2	431,08	0,40396	0,02687
Entre doses	3	442,31	0,11028	0,03167
Modos X Doses	6	196,06	0,24840	0,04688
Fat. Vs testemunha	1	1.010,31**	0,19391	0,00231
Blocos	3	395,76	3,83814**	0,67301**
Erro	36	167,05	0,27120	0,05774
Total	51			
C.V. (%)		28,3	15,8	15,5

TABELA 13 A. Resumo de análise de variância da relação entre Ca e K, porcentagem de saturação por Ca e por Mg, na profundidade de 0 a 20 cm, em Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de variação		GL	QM e significância		
			Ca/K	Saturação Ca	Saturação Mg
Entre modos	2	310,11*	58,48	11,98	11,98
Entre doses	3	144,57	1,54	3,48	3,48
Modos X Doses	6	115,26	38,77	8,00	8,00
Fat. Vs testemunha	1	366,32*	34,19	0,10	0,10
Blocos	3	669,74**	636,50**	97,64**	9,46
Erro	36	86,74	51,06		
Total	51				
C.V. (%)		29,8	15,7	14,2	

TABELA 14A. Resumo de análise de variância de Ca, Mg trocáveis e relação entre Ca e K, na profundidade de 20 a 40 cm, em Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de variação		GL	QM e significância		
			Ca	Mg	Ca/K
Entre modos	2	0,39396	0,15021*	135,00	135,00
Entre doses	3	0,21944	0,03500	20,72	20,72
Modos X Doses	6	0,13507	0,06687	53,35	53,35
Fat. Vs testemunha	1	0,43102	0,20410*	0,09	0,09
Blocos	3	1,08481*	0,57301*	496,57**	496,57**
Erro	36	0,22675	0,04274	50,06	50,06
Total	51				
C.V. (%)		34,2	24,4	36,7	

TABELA 15A. Resumo de análise de variância da relação entre Mg e K, saturação por K, saturação por Ca e saturação de Mg, na profundidade de 20 a 40 cm, em Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de variação	GL	QM e significância			
		Mg/K	Saturação de K	Saturação Ca	Saturação Mg
Entre modos	2	50,07*	0,37603	92,47	37,17*
Entre doses	3	6,04	0,40255	34,23	4,68
Modos X Doses	6	15,18	0,45415	18,80	10,62
Fat. Vs testemunha	1	0,31	0,47915	72,98	39,59
Blocos	3	196,50**	0,56915	224,70*	123,59*
Erro	36	12,97	0,21527	57,18	10,76
Total	51				
C.V. (%)		30,9	33,7	31,6	22,5

66

TABELA 16 A Resumo da análise de variância de vigor de sementes, K solúvel (0 a 20 cm), Ca trocável (20 a 40 cm), Mg trocável (20 a 40 cm), relação Ca/K (0 a 20 cm) e relação Ca/K (20 a 40 cm), em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

Fator de Variação	GL	QM e significância					
		Vigor	K 0 a 20	Ca 20-a 40	Mg 20 a 40	Ca/K 0 a 20	Ca/K 20 a 40
Entre modos	2	0,00257	779,31	0,03812	0,00146	65,876	60,468*
Entre doses	(3)	0,02643*	866,47*	0,07056*	0,01694*	172,126**	65,410*
EL	1	0,06797**	2.381,40**	0,20417**	0,03750**	486,36*	153,655**
EQ	1	0,00545	126,75	0,00333	0,01333	28,63	39,166*
EC	1	0,00020	91,27	0,00417	0,00000	1,38	3,419
Modos X Doses	6	0,00630	269,62	0,01118	0,00507	14,866	9,892
Fat. Vs Testemunha	1	0,00082	789,75	0,02077	0,00001	169,550**	99,463**
Blocos	3	0,00409	190,07	0,04256	0,00702	55,371	14,484
Erro	36	0,00763	232,00	0,01354	0,00394	23,231	11,939
Total	51						
C.V. (%)		8,5	35,6	12,4	21,2	30,7	38,7

TABELA 17 A Resumo da análise de variância da relação da relação Mg/K (0 a 20 cm), relação Mg/K (20 a 40 cm) porcentagem de saturação de K (0 a 20 cm) e porcentagem de saturação de Ca (20 a 40), em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000

Fator de Variação	GL	QM e significância		
		Mg/K 0 a 20	Mg/K 20 a 40	Sat. K 0 a 20
Entre modos	2	0,943	3,858	2,34676
Entre doses	(3)	20,720**	13,632**	2,78233*
EL	1	55,932**	26,604**	0,43939
EQ	1	6,892	12,440*	7,37886**
EC	1	0,075	1,852	0,52844
Modos X Doses	6	3,966	1,819	0,60197
Fat. Vs Testemunha	1	2,817	6,005	2,38339*
Blocos	3	5,446	4,715	0,04548
Erro	36	3,129	2,514	0,66714
Total	51			
C.V. (%)		36,3	40,8	37,9
				10,6

TABELA 18A Resumo da análise de variância de altura de plantas, Ca foliar, Mg foliar, relações foliares entre Ca e K e Mg e K e relação Mg/K na profundidade de 0 a 20 cm do solo, em Lavras, em função de modos de aplicação e doses de K. UFLA, Lavras-MG, 2000.

Fator de Variação	GL	QM e significância					
		Altura plantas	Ca	Mg	Ca/K	Mg/K	Mg/K 0 a 20
Entre modos	2	4,313	0,01003	0,00035	0,11677*	0,00093	63,19*
Entre doses	(3)	27,410**	0,01689*	0,00280*	0,01419	0,00234*	55,02*
EL	1	78,204**	0,04187*	0,00630**	0,03580	0,00475**	20,18
EQ	1	0,521	0,00385	0,00175	0,00672	0,00156	117,86**
EC	1	3,504	0,00495	0,00035	0,00007	0,00072	27,02
Modos X Doses	6	3,201	0,00207	0,00036	0,00156	0,00011	16,83
Fat. Vs Testemunha	1	1,168	0,00635	0,00127	0,02631**	0,00356**	154,28**
Blocos	3	4,378	0,06255	0,01220**	0,01526*	0,00318	119,58**
Erro	36	4,073	0,00514	0,00068	0,00462	0,00048	22,03
Total	51						
C.V. (%)		2,1	7,3	8,3	11,5	11,7	32,7

TABELA 19 A. Resumo da análise de variância de produtividade de grãos em Uberaba, teor de óleo em Lavras, K solúvel (20 a 40 cm) em Lavras e Mg trocável e porcentagem de saturação por Mg na profundidade de 0 a 20 cm, em Uberaba, em função de modos de aplicação e doses e modos de aplicação de K, UFLA, Lavras, MG, 2000.

Fator de Variação		GL	Prod. Ub	Óleo Lv	K 20 a 40 Lv	Mg 0 a 20 Ub	Sal. Mg 0 a 20 Ub
Entre modos		2	179,569	0,00070	22,06	0,11646	0,580
Doses : plantio		(3)		0,00068**	692,73*		
EL		1		0,00178**	838,51		
EQ		1		0,00026	1.173,06**		
EC		1		0,00000	66,61		
Doses : Cobertura		(3)	583,625*			0,03063*	11,645*
EL		1	510,662*			0,05513*	8,541
EQ		1	10,353			0,01563	22,468**
EC		1	62,630			0,02113	3,925
Doses : parcelado		(3)		0,00035*			
EL		1		0,00099*			
EQ		1		0,00035			
EC		1		0,00000			
Modos X Doses		6	553,565*	0,00056*	325,81*	0,02118*	7,742*
Fal. Vs Testemunha		1	1.098,050**	0,00497**	360,06*	0,00775	0,510
Blocos		3	214920	0,00007	110,58	0,01455	0,923
Erro		36	179,261	0,00014	84,68	0,00858	3,126
Total		51					
C. V. (%)			12,3	2,5	29,3	18,6	21,8