

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

**ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E POTÁSSIO EM DIFERENTES ÉPOCAS EM
PRÉ-SEMEADURA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA CULTURA DA
SOJA.**

CARLOS EDUARDO VILELA FILHO

**REGINA MARIA QUINTÃO LANA
(Orientadora)**

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia, da Universidade Federal de
Uberlândia para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG

Julho – 2002

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus todo poderoso pela graça de viver e pela oportunidade de concluir uma faculdade, dando um novo sentido a minha vida profissional.

Um agradecimento especial ao meu pai, Carlos Eduardo Vilela, minha mãe, Neusa Amélia Nunes Vilela, minha irmã, Katiane, minha namorada Cristiany, à minha filha Maria Eduarda que nasceu e me deu mais ânimo para vencer essa etapa da vida, a todos os meus familiares, principalmente à minha avó Adélia, pelo apoio, carinho, compreensão e ajuda, muitas vezes financeira, que sempre dedicaram para essa minha realização, concluindo o curso de Agronomia.

Agradeço à prof^a Regina Maria Q. Lana pela orientação, ensinamentos, dedicação e empenho na realização desse trabalho.

Aos funcionários do Instituto de Ciências Agrárias e da fazenda Água Limpa pelo apreço, dedicação, disposição e amizade que demonstraram ao longo do curso.

Aos amigos: Jean Carlo, Marcelo Araújo, Osvaldo Ferreira, Wendel Duarte (muage), Guilherme Buck, Renato Belloti, Leandro Gouveia, Mardem Caldas, Plinio Machado, Fernando Diniz, Érico Maroco, Marcelo Francisco, Leandro Vilela, Eros Pozzi, pela ajuda, apoio e incentivo na vida acadêmica e para desenvolvimento do trabalho.

Aos amigos e companheiros das Repúblicas João de Barro, Soñadora, Cana Caiana, Cada Um com seus Problemas, Porteira Aberta e todos da XXIV turma que estiveram comigo durante todo este percurso para me tornar Engenheiro Agrônomo.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
4. RESULTADOS E DISCUSÃO.....	18
4.1. Produtividade.....	18
4.2. Teores de fósforo e potássio foliar.....	20
4.3. Altura da primeira vagem em relação ao solo.....	23
4.4. Peso de 100 sementes.....	24
4.5. Fósforo e potássio residual.....	26
4.6. Relação custo x Benefício.....	29
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	31
6. CONCLUSÃO	34
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

**ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E POTÁSSIO EM DIFERENTES ÉPOCAS EM
PRÉ-SEMEADURA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA CULTURA DA
SOJA.**

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 26/ 07/ 2002

Prof^a. Dra. Regina Maria Q. Lana
(Orientadora)

Prof Dr Luiz Antônio de Castro Chagas
(Membro da Banca)

Mônica Sartori de Camargo
(Membro da Banca)

Uberlândia – MG
Julho – 2002

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do multifosfato magnesiano MFM (Fosmag 530 E6) como fonte de P, K, em diferentes épocas de aplicação, em solo de cerrado, a lanço, em pré-semeadura, nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro, na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar MG/BR-46 Conquista. O experimento foi conduzido na fazenda Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia – MG, no período de junho de 2000 a abril de 2002. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos (épocas de aplicação) em cinco repetições. As variáveis avaliadas foram: produtividade, teor de P e K foliar, altura da primeira vagem em relação ao solo, peso de 100 sementes e P e K residual. Nas condições desse experimento, concluiu-se que, a época de adubação em pré-semeadura à lanço não influenciou estatisticamente no rendimento de grãos, no acúmulo de P e K nas folhas de soja, no peso de 100 sementes e na altura da primeira vagem em relação ao solo.

1. INTRODUÇÃO

A região dos cerrados assume importância estratégica para o desenvolvimento da cultura da soja no Brasil. Grande parte dessa região, aproximadamente 4,5 milhões de hectares, é cultivada em sistema de plantio direto. As recomendações ainda se baseiam em critérios adotados ao preparo convencional e nos leva a buscar técnicas específicas de manejo da adubação como a produção de matéria seca para cobertura do solo, melhorando a eficiência dos fertilizantes e reduzindo os custos de produção.

É de conhecimento geral que a cultura da soja responde positivamente a aplicação de fósforo e potássio. Entretanto, o maior problema que os solos de cerrado apresentam, quanto a sua fertilidade, refere-se à elevada acidez, baixa capacidade de troca catiônica, alta lixiviação de potássio, baixos teores de fósforo, bem como, a taxa elevada de fixação desse nutriente, que o torna um fator limitante da produtividade da soja nos solos de cerrado.

A adubação potássica além dos efeitos positivos na produção de soja, é de fundamental importância para o aumento no número de vagens por planta, aumento na

porcentagem de vagens granadas, aumento do tamanho da semente e aumento da resistência a certas doenças (MALAVOLTA, 1987).

O aproveitamento dos nutrientes pelas plantas nem sempre ocorre de maneira eficiente. Em boas condições, a recuperação do fósforo e potássio adicionados varia 5 a 20% e 30 a 60%, respectivamente, do total aplicado no primeiro ano. Os cultivos seguintes continuam aproveitando o fósforo residual, sendo que até 70% do fósforo total aplicado poderá ser aproveitado com os cultivos sucessivos.

A agricultura atual exige a utilização de corretivos e fertilizantes em quantidades adequadas de forma a atender a critérios racionais, que permitam conciliar um resultado econômico positivo com a preservação dos recursos naturais do solo e do meio ambiente.

O manejo adequado do fertilizante fosfatado varia com características específicas do solo, da cultura entre outros, não podendo adotar práticas de manejo generalizadas e ignorando as particularidades do solo de diferentes locais. É preciso identificar a característica química, física e biológica de cada solo e incorporar novas técnicas como a adoção do sistema de plantio direto e novas técnicas de fertilização, visando à minimização de alguns problemas enfrentados pelo produtor durante a semeadura.

Várias são as dificuldades enfrentadas pelo agricultor na hora da semeadura tais como armazenamento e transporte do adubo, regulagem do maquinário, abastecimento da plantadeira, mão-de-obra qualificada, homogeneidade na semeadura, o preço do adubo na época de plantio, entre outros. Esses problemas podem atrasar a semeadura e desorganizar o produtor num momento em que o solo atinge condições de umidade ideal e fotoperíodo adequado para a implantação da cultura.

Tentando solucionar o problema, e ao mesmo tempo, adequando-se às técnicas do plantio direto em solos corrigidos, é feita a distribuição superficial do fertilizante em doses proporcionais à exportação das culturas. Isso diminui, assim, a necessidade de incorporação dos nutrientes, viabilizando a prática de adubação de pré-semeadura. Geralmente, tal prática tem sido feita à lanço, com esparramadeira de calcário ou distribuidor tipo cocho, previamente ao estabelecimento de culturas de espaçamento estreito, como soja e arroz. Nessa época são aplicados todo o fósforo e parte do potássio, além do enxofre, magnésio e micronutrientes, todos sobre a palhada dessecada. O restante do nitrogênio e/ou potássio é aplicado em cobertura.

Para difusão dessa tecnologia, há necessidade de adequar fontes de fósforo e potássio de liberação gradual, reduzir a fixação de P e diminuir a lixiviação do K no solo. Constitui-se objetivo desse trabalho avaliar a aplicação antecipada em diferentes épocas do fertilizante fosfatado e potássico, em sistema de plantio direto, na cultura da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A região sob vegetação de cerrado ocupa, no Brasil, uma área de aproximadamente 180 milhões de hectares, estendendo-se, principalmente pela região Centro Oeste e atingindo ainda parte da região Norte, Nordeste e Sudeste (GOEDERT et al., 1980).

A geração de tecnologias, com o uso de variedades melhoradas como Confiança, Cristalina, Jataí e Conquista, contribuiu para que o Brasil aumentasse sua produção de soja, passando a ocupar o segundo lugar entre os maiores produtores de soja do mundo. Em 1975 a produção brasileira não passava de 10 milhões de toneladas ao ano. Hoje, em 2002, o País já produz cerca de 41,5 milhões de toneladas, sendo a região central do Brasil, principalmente nas áreas de cerrado, a responsável por 50% dessa produção.

Roessing ; Guedes (1993), estudaram os aspectos econômicos do complexo soja e sua evolução na região do Brasil Central. Os autores concluíram que a soja participa, em alguns estados da região Centro-Oeste, com até 66% do PIB agrícola. As vantagens de se produzir soja na região dos cerrados, segundo os autores, relaciona-se com a regularidade dos fatores exógenos. Não existem dúvidas de que, havendo incentivos governamentais e demanda suficiente, tanto interna quanto externa, a região dos cerrados

poderá se transformar na maior região produtora de soja do mundo com emprego de alta tecnologia e alto rendimento por unidade de área.

Sabe-se que o fósforo e o potássio são os elementos que promovem uma maior produtividade para a soja, pois segundo dados de pesquisa para uma produção de grãos de 3400 kg ha⁻¹ a cultura extrai, em média, 330 kg ha⁻¹ de N, 64 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 141 kg ha⁻¹ de K₂O, observando-se, assim, que se trata de uma cultura altamente exigente em nutrientes (SEDIYAMA et al., 1993).

Borges Filho; Fernandes Filho (1998), analisaram a evolução recente e as perspectivas para o avanço do uso da técnica do plantio direto na agricultura dos cerrados. Sugerindo que um dos principais determinantes do avanço da técnica foi o processo de globalização. Mostraram que o uso da técnica pelos produtores tem como objetivo manter e, ou expandir a sua participação nesse mercado globalizado. Isto porque ajuda a reduzir os custos de produção e evitar barreiras ao comércio exterior por alegação de que o processo de produção tenha causado danos ambientais.

O Fosmag 530 E6 contém em sua fórmula, além de 16% de fósforo e 16% de potássio, 10% de cálcio, 6% de enxofre, 2,2% de magnésio e micronutrientes. O fósforo encontra-se em uma forma disponível e solúvel em citrato neutro de amônio mais água, porém com liberação gradual, dando características específicas ao fertilizante, diminuindo a fixação do fósforo. O fósforo encontra-se ligado ao magnésio no mesmo grânulo, favorecendo sua absorção pelas plantas devido ao efeito sinérgico da interação fósforo X magnésio. O cálcio encontra-se na forma de sulfato, o que possibilita a redução da saturação de alumínio em camadas mais profundas, uma vez que par iônico cálcio e o sulfato existente nesse material pode carrear o cálcio para camadas abaixo de 40 cm,

permitindo o aprofundamento das raízes, que explorarão maior volume de solo em busca de água e de nutrientes, suportando melhores condições de stress hídrico. Os micronutrientes, particularmente o B e o Mo são importantes no processo de fixação simbiótica de nitrogênio pelas bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, obtendo-se melhores índices de produtividade.

Segundo Epstein (1975), a absorção do H_2PO_4 é máxima na presença do Mg^{2+} : esse papel de “carregador do fósforo” se explica possivelmente pela sua participação na ativação de ATPases, enzimas da plasmalema (membrana), implicadas na absorção iônica do fósforo para o citoplasma da planta.

Para uma produtividade adequada de soja, a quantidade total de fósforo acumulado em sua biomassa, grãos e parte vegetativa, fica em torno de 20 Kg ha⁻¹. Essa quantidade de P deverá ser suprida pelo solo, com ou sem a aplicação de fertilizantes. No caso de solos pobres, requer a aplicação de fertilizantes para que mais P-disponível entre em contato com a planta por fluxo difusivo (NOVAIS ; SMYTH, 1999). Neste caso, a eficiência do multifosfato magnésiano se deve em restrição ao que ocorre com o fosfato monocálcico, na qual este com seu grânulo aplicado ao solo sofre uma penetração de água, liberando solução saturada de fósforo ácida, movendo-se para fora do grânulo e dissolvendo compostos de ferro, alumínio e manganês, onde mais distante do grânulo, esses compostos precipitam (RAIJ, 1991).

Devido aos fertilizantes serem um dos insumos que mais eleva o custo de produção da cultura da soja, torna-se necessário aumentar a eficiência dos fertilizantes aplicados. Um dos aspectos importantes a considerar está relacionado ao efeito residual que a aplicação destes insumos agrícolas causa nas culturas subsequentes (OLIVEIRA, 1992).

Em algumas espécies de leguminosas como a soja e o feijão-caupi, esse aspecto é duplamente importante, haja vista que os resíduos de adubação podem também afetar a nodulação e, conseqüentemente, seu potencial de fixação biológica do nitrogênio (OLIVEIRA, 1992).

O efeito residual da adubação fosfatada pode ser entendido como a quantidade de fósforo total aplicado que, depois de decorrido um espaço de tempo após a aplicação, ainda permanece no solo na forma disponível (MOSCHLER et al., 1957). A queda dos teores de fósforo no solo ocorrem pela conversão de formas mais solúveis em formas menos solúveis. Essa diminuição é influenciada pela dose, pelo método de aplicação, pela fonte de fósforo, pelo manejo e pelo pH do solo (YOST et al., 1981, e GOEDERT ; LOBATO, 1984).

Como os solos de cerrado são ácidos e possuem elevada fixação de fósforo, é necessário além de conhecer as características de cada solo, determinar quais delas podem ser mudadas, para minimizar os efeitos dessa fixação ou adsorção de fósforo. Uma alternativa para os solos do cerrado seria diminuir o reservatório de fósforo não-lábil, através de redução do número de sítios de troca de energia, através da calagem e adição de matéria orgânica (GOEDERT ; SOUZA, 1984).

A necessidade de fósforo pode ser menor no sistema de plantio direto, em virtude da não incorporação do adubo, reduzindo as perdas pela fixação. A aplicação a lanço sobre superfície, sem incorporação, acarreta menor fixação de fósforo, aumentando conseqüentemente a disponibilidade na camada mais superficial (SCHULTZ, 1978).

A maior disponibilidade e o melhor aproveitamento do fósforo em sistema de plantio direto tem evidenciado a possibilidade através do tempo, de se reduzir a quantidade

de adubo fosfatado a ser aplicado, uma vez superado os intervalos críticos de nutrientes no solo (MUZILLI, 1985).

O maior acúmulo de fósforo nas camadas mais superficiais do solo sob plantio direto se explica pela baixa mobilidade e solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos de natureza ácida, como no cerrado, contendo altos teores de sesquióxidos de ferro e alumínio (THOMAS et al., 1981; RAIJ, 1981).

Os teores de potássio trocável acumulados na camada superficial, foram significativamente superiores no sistema de plantio direto em comparação com o sistema de plantio convencional e se mantêm similares em todas as sucessões de culturas (MUZILLI, 1983).

Resultados de diversos trabalhos de pesquisa mostraram que a aplicação do potássio a lançar sobre a superfície, e sem incorporação acarreta maior disponibilidade na camada superficial (SCHULTZ, 1978).

O P é o nutriente que permite maior economia no sistema de plantio direto. Segundo Muzilli (1985), o não revolvimento do solo reduz o contato entre os colóides e o íon fosfato, amenizando as reações de adsorção e reduzindo a fixação. Da mesma forma a mineralização lenta e gradual dos resíduos proporciona a liberação e redistribuição de formas orgânicas de P mais estável e menos susceptíveis às reações de adsorção. Essas características, associadas a uma combinação de culturas com habilidades diferenciadas quanto à absorção e acumulação de P (SÁ, 1993) e uma melhor eficiência de aproveitamento do P pelas plantas, devido ao maior teor de umidade na camada arável, favorecendo a taxa de difusão do nutriente até as raízes (MUZILLI, 1985), tem

demonstrado a possibilidade de redução de gastos com fertilizantes fosfatados em plantio direto.

Dada a imobilidade do fósforo no solo, a sua absorção pela planta, é altamente dependente da difusão, que é decorrente do suprimento do fósforo, da disponibilidade de água, compactação do solo, adição de fósforo e outros (NOVAIS ; SMYTH, 1999). Ao contrário, o potássio é bastante lixiviado em condições de baixa CTC e matéria orgânica.

Sousa ; Lobato (2000), em um experimento avaliaram o comportamento do superfosfato triplo e do fosfato reativo de Gafsa, nas doses de 60, 80 e 100 Kg/ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados à lanço e no sulco de semeadura em SPD, observaram que com o aumento das doses de P houve um aumento linear de produtividade de grãos na cultura da soja e um aumento médio gradativo da altura da planta e da primeira vagem em relação ao solo.

No SPD, deixa de existir a camada arável para surgir uma camada enriquecida de resíduos orgânicos, alterando a dinâmica da matéria orgânica, maior teor de água, maior difusão e maior liberação de nutrientes para as plantas (SÁ, 1993).

Assim, no sistema de plantio direto, a adubação fosfatada e potássica, a lanço, superficial, antecipando a semeadura, poderá contribuir para o avanço no sistema de produção de soja.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas safras 1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002 em um LATOSSOLO VERMELHO, Eutrófico, textura argilosa, relevo suave, anteriormente cultivado com pastagens, localizado na fazenda experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia – MG; latitude 18°55's; longitude 48°17'w e altitude 872m.

As análises química e física na camada de 0-20 cm encontram-se nas Tabelas 1 e 2, de acordo com EMBRAPA (1993).

Tabela 1.: Análise química do solo da área experimental, Fazenda Capim Branco – UFU, Uberlândia-MG. 1999

Prof. cm	pH água (1:2,5)	P mg/dm ³	K	Ca	Mg	H+Al mmol/dm ³	Al	SB	T	V %	m	mat. org. g/kg
0-20	5,9	0,9	65,1	30,0	24,0	23,0	0,0	56,0	78,9	60	0,0	28

Observações: P, K = (HCl 0,05 N + H₂SO₄ N); Al, Ca, Mg = (KCl 1 N); M. O. = (Walkley-Black); SB = soma de bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = Sat. por bases / m = Sat. por alumínio.

Tabela 2.: Análise física do solo da área experimental, Fazenda Capim Branco – UFU, Uberlândia-MG. 1999

Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
----- g / Kg -----			
230	170	70	530

O ensaio foi instalado em área antes cultivada com pastagem de *Brachiaria decumbens*. O preparo do solo constituiu de uma aração a 20 cm de profundidade para semeadura do milho como cultura de inverno para a formação de palhada, iniciando o sistema de plantio direto. Logo após foram demarcadas as parcelas, constituídas de seis linhas com 5,0 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, correspondendo a uma área total por parcela de 13,5 m². Considerou-se como área útil as duas linhas centrais, eliminando-se 0,5 m em cada extremidade (área útil de 3,6 m² por parcela). De acordo com a análise do solo (Tabela 1) não houve necessidade de aplicação de calcário para correção do solo.

O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições. As adubações foram aplicadas a lanço, superficial, antecipada, realizadas nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro (juntamente com a semeadura). Utilizou-se como fertilizante o multifosfato magnésiano Fosmag 530 E6, formulação 00-16-16 (fósforo com 16% sol. CNA e 8% sol. H₂O) na proporção de 625 Kg/ha, fornecendo 100 Kg/ha K₂O e 100 Kg/ha P₂O₅. (Tabela 3).

Tabela 3 - Constituição do fertilizante Fosmag 530 E6

Nutriente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Zn	B	Cu	Mn	Mo	Co
%	0	16	16	10	2,2	6,0	0,40	0,20	0,30	0,50	0,01	0,0025

Fonte: Bunge fertilizantes – SP – SP.

As adubações foram realizadas entre os dias 10 e 20 de cada mês. A cultivar de soja usada foi a MG/BR-46 Conquista, cujas sementes foram tratadas com Carboxim + Thiram na dose de 250 ml/ 100 Kg de sementes e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 500g/50 Kg de semente, ou 300.000 células por semente, segundo EMBRAPA (2001).

A semeadura foi efetuada em novembro, em sistema de plantio direto com a dessecação do milheto, utilizando Glifosato na dosagem de 2,0 L/ ha antes da semeadura. Ao atingir o terceiro trifólio definitivo, estágio V3 de acordo com Ferh et al. (1977), foram realizadas aplicações de herbicidas: graminicida (Fluazifop-p-butyl 1,5 L ha⁻¹) e latifolicida (Chlorimuron-etil 60 g ha⁻¹) ambos seletivos para a cultura da soja. Para o controle de pragas, utilizou-se o inseticida Deltametrin na dosagem de 0,3 L ha⁻¹.

Para avaliar o estado nutricional das plantas foi feita uma amostragem de tecido vegetal no florescimento pleno da soja, estágio R2 (FERH et al., 1977), tomando-se 35 folhas por parcela, da terceira folha trifoliolada, contadas do topo para baixo, que são as consideradas maduras e fisiologicamente ativas, conforme Bataglia et al. (1985). Essas folhas foram secas em estufa de ventilação forçada, a 65^o C, até atingirem peso constante. As análises de tecido vegetal foram realizadas no laboratório de análises do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, segundo EMBRAPA (1993).

Antes da colheita, com a soja completamente seca, estágio R8 Ferh et al. (1977), mediu-se a altura da primeira vagem em relação ao solo, fazendo a média de cinco plantas por parcela útil entre os diferentes tratamentos.

A avaliação de produtividade foi realizada pela retirada das plantas da área útil da parcela, e estimando-se a produtividade por hectare. Após a colheita, avaliou-se também peso de 100 sementes e fósforo residual após 3 anos de cultivos sucessivos.

Efetuiu-se a análise de variância para os parâmetros estudados, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produtividade

Observa-se que não houve diferença estatística na produtividade entre as diferentes épocas de aplicação do fertilizante, antecipada a semeadura (Tabela 4 e Figura 1). Nos três anos, houve um aumento progressivo da fertilidade do solo, principalmente em relação ao fósforo e potássio, indicando o seu acúmulo no solo com os cultivos sucessivos.

Comparando-se o primeiro com o terceiro ano de cultivo, verifica-se que o teor médio de P variou de 1,2 g/Kg para 6,0 g/Kg em média, e o teor médio de K variou de 67,4 g/Kg para 83,0 g/Kg, aumentando consequentemente a produtividade de 2.480 Kg/ha para 2.930 Kg/ha, um aumento de 18% neste período.

Os dados comprovam que a adubação utilizada no experimento acarretou um aumento expressivo sobre a produtividade, demonstrando a resposta da soja a aplicação do P e K, bem como a eficiência do fertilizante.

Tabela 4 - Médias de produtividade (kg ha⁻¹), em diferentes épocas de adubação na soja, cultivar MG/BR-46 Conquista. UFU Uberlândia-MG 1999/2000 – 2000/2001 – 2001/2002

Épocas de aplicação:	Produtividade média (kg ha ⁻¹)		
	Safra 99/00	Safra 00/01	Safra 01/02
Julho	2.455 b A	2.598 b A	2.999 a A
Agosto	2.417 b A	2.519 b A	2.897 a A
Setembro	2.694 b A	2.714 b A	2.916 a A
Outubro	2.344 b A	2.833 b A	2.869 a A
Novembro	2.505 b A	2.623 b A	2.963 a A
Média geral	2.483	2.657	2.928
Teste de F	0,51 NS	0,95 NS	0,13 NS
DMS	795,552	535,765	620,353
C.V. (%)	16,54	10,40	10,93

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

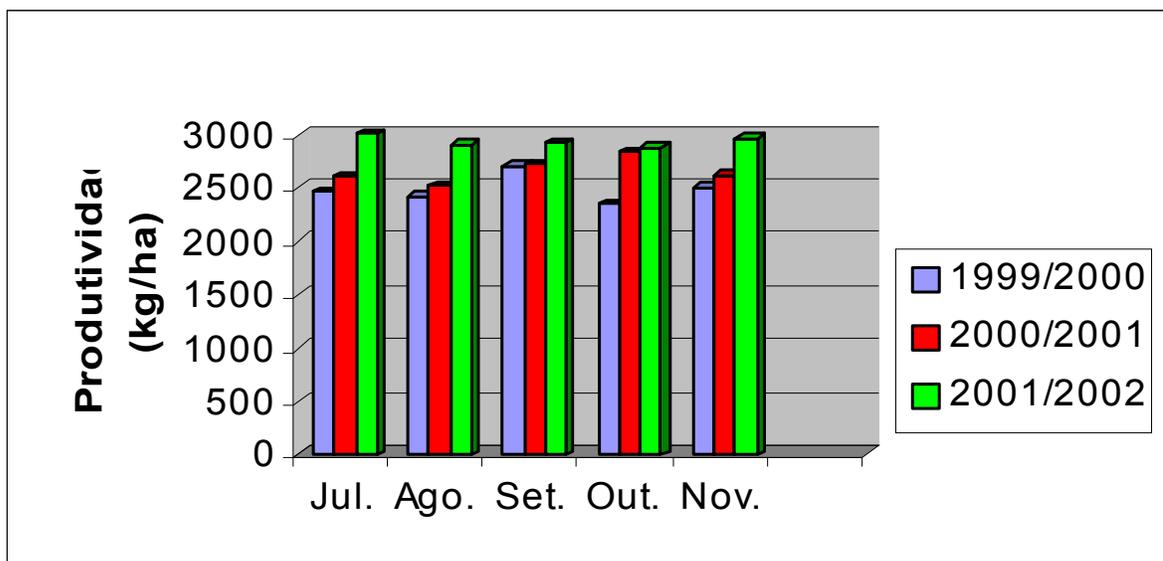


Figura 1 – Efeito comparativo entre a produtividade da soja nos diferentes meses de adubação em três safras consecutivas.

Há uma relação direta entre fertilidade do solo e produtividade da planta, sendo mantidos os demais fatores de produção em níveis não limitantes. A planta tem seu crescimento diretamente dependente da concentração de P e K na solução do solo, ou do fator intensidade (I), e, indiretamente, do fator quantidade (Q) e do fator capacidade de P e

K do solo (Q/I), que governam o valor de I. Os modelos de P no solo, dada a imobilidade desse elemento no solo, são altamente dependentes da difusão, decorrente do suprimento desse elemento, da disponibilidade de água, compactação do solo, adição de P e outros (NOVAIS ; SMYTH, 1999).

Segundo Sá (1993), quando se avalia o nível de resposta da adubação residual, pelas culturas dentro da rotação gramínea/leguminosa, compondo o sistema de produção, o efeito da adubação pode ser diluído em função das culturas em seqüência. Na rotação soja/milho, a economia em fertilizantes nitrogenados para a cultura do milho semeada no ano seguinte pode chegar a 50%.

No tocante ao efeito do P aplicado, avaliando a amplitude de resposta da cultura do milho, observou-se que o nível de resposta situou-se entre 30 e 60 Kg/ha⁻¹ de P₂O₅. Essa maior eficiência de aproveitamento do P, segundo Caires (2000), tem sido atribuída, ao menor contato entre o fertilizante e as partículas do solo, promovido pela ausência de revolvimento e à presença de resíduos vegetais na superfície do solo, que propicia maior umidade, facilitando o processo de difusão do P até as raízes da cultura em sucessão.

4.2. Teores de fósforo e potássio foliar

Com relação aos teores de P e K foliar, não se observa diferença significativa entre os tratamentos no mesmo ano de cultivo (Tabelas 5 e 6; Figuras 2 e 3), embora na safra 2000/2001 se verifique uma redução nessa variável em relação aos outros anos, motivado pela semeadura tardia do experimento, levando a cultura à atravessar períodos de déficit hídrico que interfere no mecanismo de difusão, que é controlado pela água, com redução da absorção de fósforo pela planta.

Segundo Raij (1991), os teores de fósforo e potássio nas folhas considerados ideais estão entre 2,6 - 5,0 g.kg⁻¹ para P e 17,1 – 25,0 g.kg⁻¹ para K, valores estes próximos dos teores médios encontrados no experimento.

Tabela 5 - Médias de fósforo foliar (g.kg⁻¹), em diferentes épocas de adubação na soja, cultivar MG/BR-46 Conquista. UFU Uberlândia-MG 1999/2000 – 2000/2001 – 2001/2002

Épocas de aplicação:	Fósforo foliar (g.kg ⁻¹).		
	Safra 99/00	Safra 00/01	Safra 01/02
Julho	2,72 a A	1,34 b A	2,60 a A
Agosto	2,54 a A	1,34 b A	2,52 a A
Setembro	2,66 a A	1,26 b A	2,72 a A
Outubro	2,88 a A	1,40 b A	2,68 a A
Novembro	2,72 a A	1,38 b A	2,66 a A
Média geral	2,70	1,34	2,63
Teste de F	1,33 NS	0,97 NS	0,64 NS
DMS	0,460	0,236	0,419
C.V. (%)	8,80	9,08	8,21

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

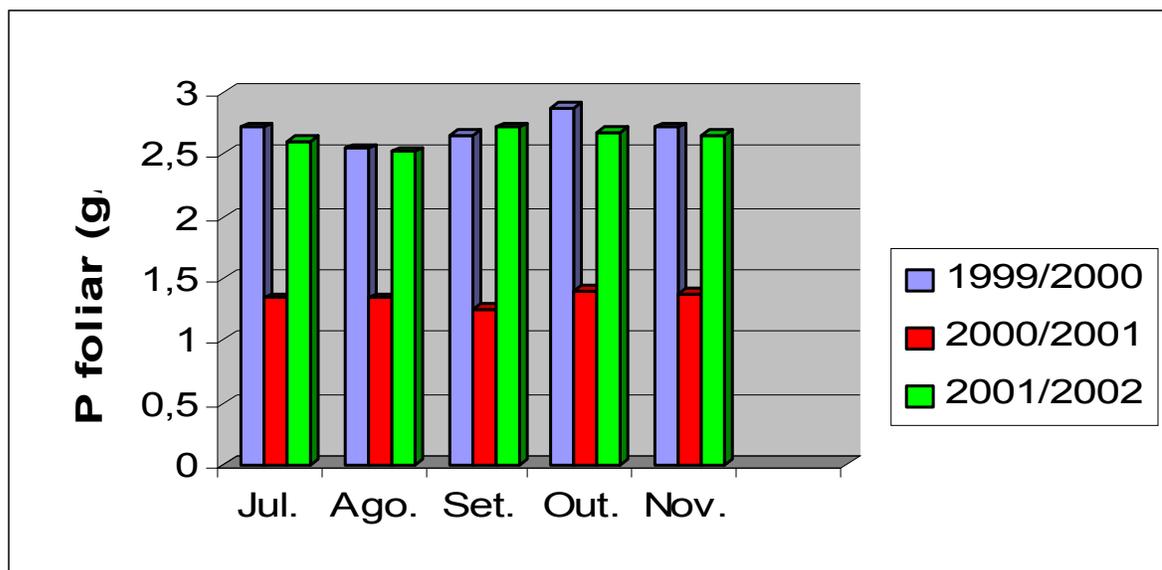


Figura 2 – Efeito comparativo entre o fósforo foliar nos diferentes meses de adubação em três safras consecutivas.

Tabela 6 - Médias de potássio foliar (g.kg^{-1}) em diferentes épocas de adubação na soja cultivar MG/BR-46 Conquista. UFU Uberlândia-MG 1999/2000 – 2000/2001 – 2001/2002

Épocas de aplicação:	Potássio foliar (g.kg^{-1}).		
	Safra 99/00	Safra 00/01	Safra 01/02
Julho	15,2 c A	20,1 b A	23,5 a A
Agosto	14,7 c A	19,7 b A	23,0 a A
Setembro	15,6 c A	19,9 b A	21,9 a A
Outubro	15,5 c A	20,9 b A	22,5 a A
Novembro	15,3 c A	20,3 b A	22,4 a A
Média geral	15,26	20,18	22,66
Teste de F	0,67 NS	0,93 NS	0,59 NS
DMS	2,214	2,063	3,417
C.V. (%)	4,90	5,27	7,78

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

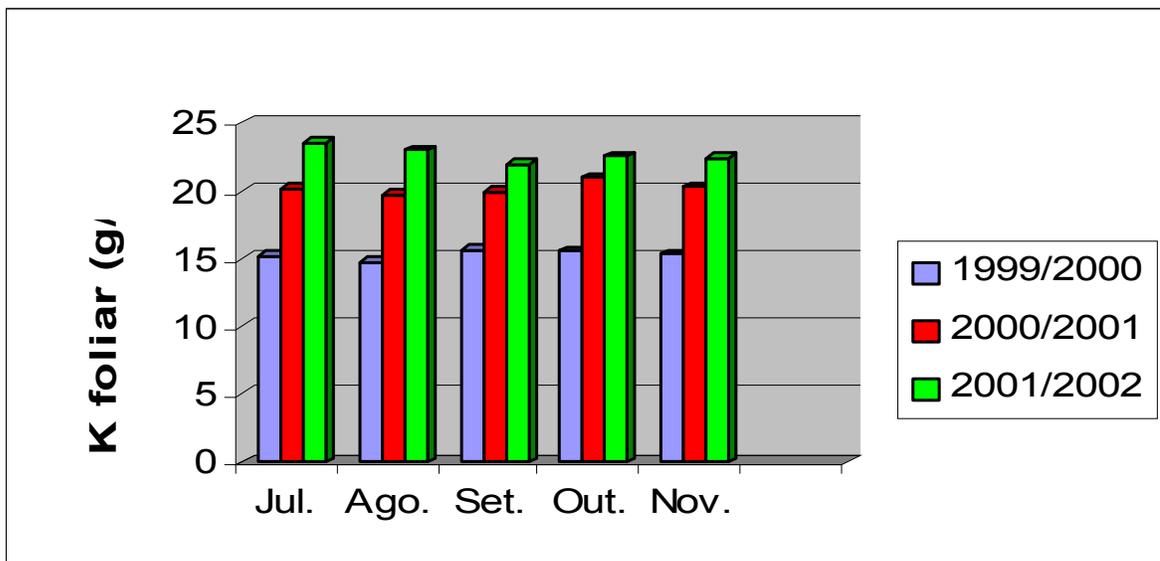


Figura 3 – Efeito comparativo entre o potássio foliar nos diferentes meses de adubação em três safras consecutivas.

Para uma produtividade adequada de soja, a quantidade total de fósforo e potássio acumulado em sua biomassa – grãos e parte vegetativa – fica em torno de 20 Kg/ha^{-1} e 40 Kg/ha , respectivamente. Essa quantidade de P e K deverá ser suprida pelo solo, com ou sem a ajuda de fertilizantes; no caso de solos pobres, com a ajuda de fertilizantes, para que

mais K e P-disponível entre em contato com a planta por fluxo difusivo (NOVAIS ; SMYTH, 1999).

4.3. Altura da 1ª vagem em relação ao solo

No que se refere à altura da 1ª vagem em relação ao solo, não se observa diferença com relação às diferentes épocas de adubação (Tabela 7 e Figura 4), reafirmando que a época de aplicação do adubo fosfatado e potássico não inferiu sobre essas características dentro de um mesmo ano de cultivo.

Na cultura da soja, o peso das sementes e a altura da 1ª vagem em relação ao solo, estão estreitamente ligados ao nível de adubação fosfatada. Essas características são de grande importância, principalmente quando a colheita é mecanizada, pois reduz diversas perdas no processo.

Tabela 7 - Médias de altura da 1ª vagem em relação ao solo (cm), em diferentes épocas de adubação na soja, cultivar MG/BR-46 Conquista. UFU Uberlândia-MG 1999/2000 – 2000/2001 – 2001/2002

Altura da 1ª vagem em relação ao solo (cm)			
Épocas de aplicação:	Safra 99/00	Safra 00/01	Safra 01/02
Julho	14,30 c A	19,32 a A	16,24 b A
Agosto	14,82 c A	19,26 a A	16,61 b A
Setembro	15,00 c A	18,93 a A	17,57 b A
Outubro	14,90 c A	18,93 a A	17,24 b A
Novembro	14,60 c A	19,29 a A	16,17 b A
Média geral	14,72	19,15	16,77
Teste de F	0,24 NS	0,05 NS	0,61 NS
DMS	2,482	3,871	3,396
C.V. (%)	8,70	10,43	10,45

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

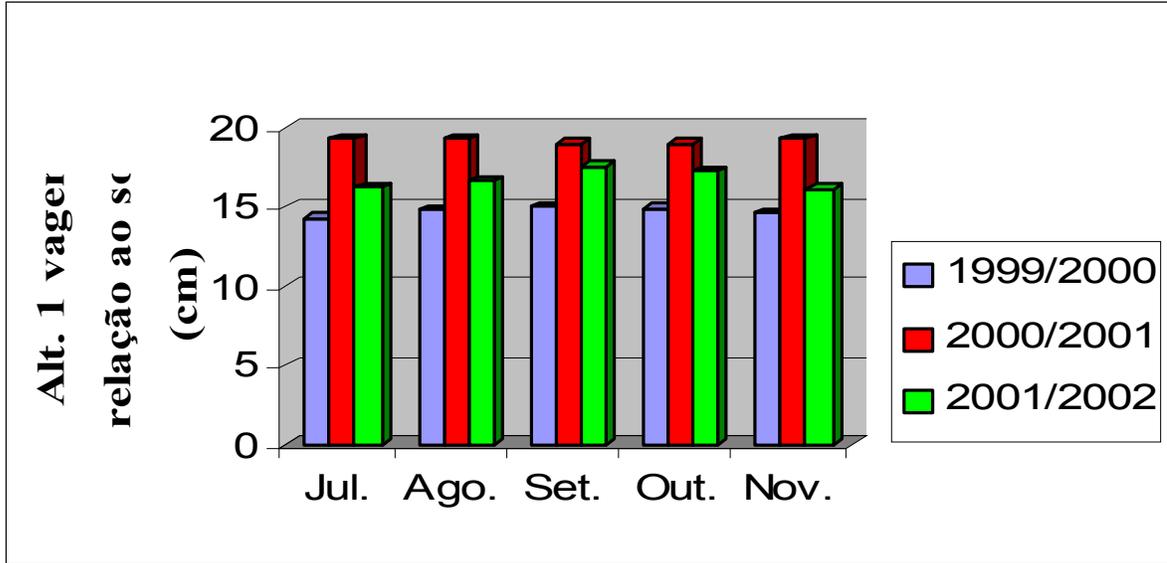


Figura 4 - Efeito comparativo entre altura da 1ª vagem em relação ao solo nos diferentes meses de adubação em três safras consecutivas

A maior ou menor competição entre planta e solo pelo P aplicado como fertilizante faz com que a planta se ajuste para utilizar o teor de P que lhe é colocado à disposição (NOVAIS ; SMYTH, 1999). Dessa forma a planta necessita de todos os fatores de produção para que em seu período juvenil, seu desenvolvimento vegetativo não seja comprometido, não havendo então diferenças na altura da primeira vagem em relação ao solo.

4.4. Peso de 100 sementes

Com relação ao peso de 100 sementes, não se observou diferença significativa com relação às diferentes épocas de adubação (Tabela 8 e Figura 5), dentro de um mesmo ano de cultivo, havendo, no entanto, uma pequena variação entre os três anos do experimento.

Tabela 8 - Médias de peso de 100 sementes (g), em diferentes épocas de adubação na soja, cultivar MG/BR-46 Conquista. UFU Uberlândia-MG 1999/2000 – 2000/2001 – 2001/2002

Épocas de aplicação:	Peso de 100 sementes (g).		
	Safra 99/00	Safra 00/01	Safra ½
Julho	14,55 b A	17,44 a A	15,29 b A
Agosto	14,42 b A	16,56 a A	15,35 b A
Setembro	14,88 b A	17,15 a A	15,14 b A
Outubro	14,63 b A	17,39 a A	15,44 b A
Novembro	14,85 b A	17,25 a A	15,26 b A
Média geral	14,67	17,16	15,30
Teste de F	1,46 NS	0,56 NS	0,08 NS
DMS	1,875	2,066	1,667
C.V. (%)	6,60	6,21	5,62

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

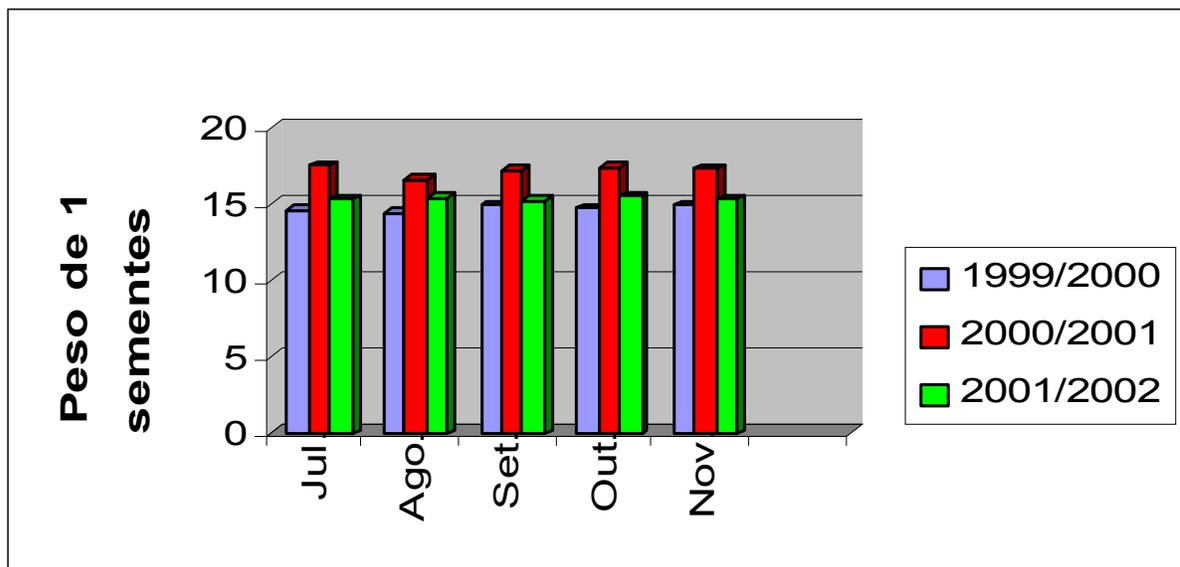


Figura 5 - Efeito comparativo entre os pesos de 100 sementes nos diferentes meses de adubação em três safras consecutivas.

4.5. Fósforo e potássio residual

O resultado dos ensaios (Tabelas 9 e 10; Figuras 6 e 7), mostra que a cultura da soja respondeu a uma melhora das características químicas do solo, havendo uma elevação gradativa dos teores de fósforo e potássio residuais com os cultivos sucessivos, o que reflete sobre o aumento de produtividade.

Tabela 9 - Médias de fósforo residual (g/kg), em diferentes épocas de adubação na soja, cultivar MG/BR-46 Conquista. UFU Uberlândia-MG 1999/2000 – 2000/2001 – 2001/2002

Épocas de aplicação:	Fósforo residual (g/kg)		
	Safra 99/00	Safra 00/01	Safra ½
Julho	1,10	4,62 b A	5,90 a A
Agosto	1,20	4,60 b A	5,96 a A
Setembro	1,20	4,72 b A	6,06 a A
Outubro	1,30	4,36 b A	5,98 a A
Novembro	1,20	3,68 b A	6,14 a A
Média geral	1,20	4,39	6,00
Teste de F	----	0,44 NS	0,13 NS
DMS	----	2,741	1,099
C.V. (%)	----	32,20	9,45

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

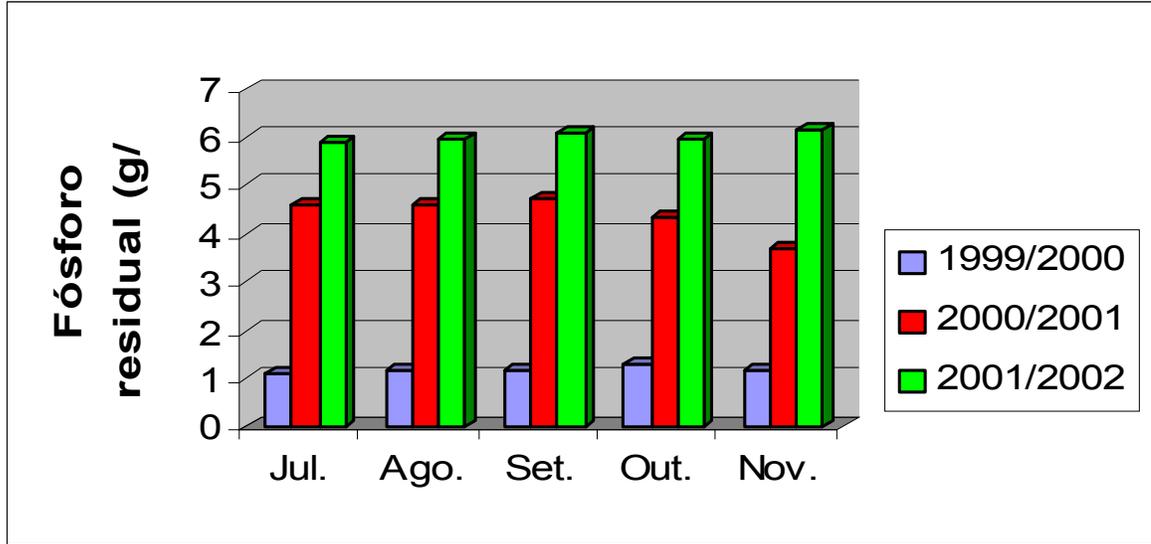


Figura 6- Efeito comparativo entre o fósforo residual nos diferentes meses de adubação em três safras consecutivas

Tabela 10 - Médias de potássio residual (g/kg), em diferentes épocas de adubação na soja, cultivar MG/BR-46 Conquista. UFU Uberlândia-MG 1999/2000 – 2000/2001 – 2001/2002

Épocas de aplicação:	Potássio residual (g/kg)		
	Safra 99/00	Safra 00/01	Safra ½
Julho	66	75,0 b A	69,9 a A
Agosto	67	80,1 b A	95,4 a A
Setembro	67	80,0 b A	81,4 a A
Outubro	69	76,2 b A	86,6 a A
Novembro	68	74,2 b A	81,7 a A
Média geral	67,4	77,1	83,0
Teste de F	----	0,10 NS	0,84 NS
DMS	----	30,258	43,601
C.V. (%)	----	21,4	27,1

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

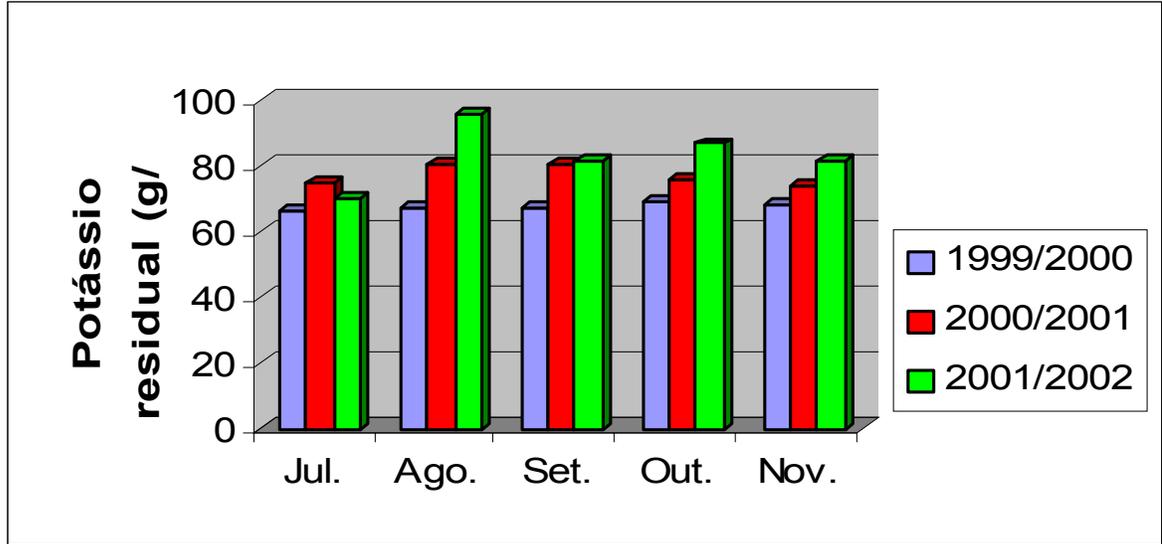


Figura 7- Efeito comparativo entre o potássio residual nos diferentes meses de adubação em três safras consecutivas

Pelos dados apresentados anteriormente, ficou evidente que o fósforo e potássio tem reflexos positivos para a produção das culturas subsequentes, por isso é interessante saber quantificar esse efeito residual. Sua quantificação não é simples, resultado da interação de fatores como o tipo de solo, fonte, dose, método de aplicação e preparo do solo.

A maior disponibilidade e o melhor aproveitamento do fósforo e do potássio em sistema de plantio direto tem evidenciado a possibilidade, de se reduzir a quantidade de adubo fosfatado e potássico a ser aplicado, uma vez superado os intervalos críticos de nutrientes no solo. Tal condição resultará em menor custo de produção, sem que haja diminuição da produtividade em sistema de plantio direto (MUZILLI, 1985).

4.6. Relação custo x benefício

A relação custo/benefício, considerando somente o adubo, de acordo com a dose recomendada para o ensaio, baseado na Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais CFSEMG (1999) de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ K₂O, nas diferentes épocas de adubação é apresentada na Tabela 11. A análise dessa tabela mostra que, ao comprar o fertilizante antecipadamente nos meses de julho ou agosto, o produtor poderá ter uma economia da ordem de 10% em relação a aquisição do fertilizante no mês de novembro. Estas diferenças ocorrem devido à sazonalidade da demanda de fertilizantes, que sofrem um acréscimo nos meses de maior procura por esse insumo. Nesse caso, quando o produtor compra o fertilizante no mês de outubro ele paga cerca de 6% a mais em relação ao mês de novembro.

Tabela 11 - Relação custo/benefício da aplicação do adubo fosfatado e potássico MFM (FOSMAG 530 E6), em diferentes épocas de adubação na soja, cultivar MG/BR-46 Conquista. UFU Uberlândia-MG 2001/2002

Épocas de aplicação:	Valor do Fertilizante	Frete	Total	Porcentagem*
Julho	420,00	14,00	434,00	- 10,6
Agosto	425,00	14,00	439,00	- 9,6
Setembro	462,00	16,00	478,00	- 1,6
Outubro	498,00	18,00	516,00	+ 6,1
Novembro	468,00	18,00	486,00	-----

- Diferenças entre os tratamentos, com relação ao tratamento de novembro, no qual os sinais de + ou - indicam a variação em % referente ao preço do fertilizante no mês de novembro.

Fonte: Bunge fertilizantes – Uberaba – MG.

A Tabela 12, mostra a relação custo/benefício em função da produtividade por hectare que, apesar de não ter sido estatisticamente diferente, pode representar um lucro maior para o produtor, devido à variação do preço do fertilizante, e mostra que nos meses de agosto e setembro o produtor obteve maior lucratividade devido a uma boa produtividade e ao menor custo do fertilizante. Quando se refere à lucratividade compreende-se que o produtor conta com um montante maior de despesas no final do processo de produção, não citados aqui por não ser o objetivo do presente trabalho.

Tabela 12 – Relação custo/benefício por hectare em função da produtividade, através de um orçamento parcial dos custos variáveis de produção.

Épocas de aplicação:	Produtividade sc.ha ⁻¹	Custo adubação R\$.ha ⁻¹	Receita bruta R\$.ha ⁻¹	Receita líquida R\$.ha ⁻¹
Julho	49,9	271,20	1472,0	1200,8
Agosto	48,2	274,30	1421,9	1147,6
Setembro	48,6	298,70	1433,7	1135,0
Outubro	47,8	322,50	1410,1	1087,6
Novembro	49,3	303,70	1454,3	1150,6

Cotações: Fertilizante Multifosfato magnésiano – R\$ 420,00/ton.

Soja Brasil – saca de 60 Kg (MG) – R\$ 29,50

Fontes: Bunge fertilizantes – Uberaba – MG dia 05/07/2002

Mercado Futuro – Chicago dia 05/07/2002

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Como a região de Uberlândia é caracterizada por um período seco definido, que normalmente vai de maio a início de setembro, isto é um dos fatores que poderá explicar a ausência de efeito da aplicação antecipada do fertilizante sobre as características avaliadas.

Uma vez iniciado o período úmido, o fósforo e potássio dos tratamentos foram se solubilizando e liberando estes elementos para o solo. Dessa forma, todos os tratamentos devem ter liberado o fósforo e potássio na mesma época, ao ponto que os efeitos residuais dos cultivos sucessivos também se apresentam de forma a não haver diferença entre os tratamentos, demonstrando assim haver o efeito residual do fertilizante. Portanto, embora o multifosfato magnésiano seja solúvel em citrato neutro de amônia + água ele não se solubiliza e, conseqüentemente, não ocorrem perdas por adsorção

Pelos resultados obtidos verifica-se que a aplicação antecipada de fertilizantes não altera os parâmetros avaliados, gerando uma série de vantagens aos produtores, como:

1. Redução do custo total de produção, pois a compra e aplicação antecipada do fertilizante diminui em até 10% os custos variáveis da lavoura.

2. Maior rendimento operacional no plantio, pois diminui os reabastecimentos e elimina o problema de plantios tardios com diminuição de produtividade.
3. Uniformidade de plantio, não havendo variação na profundidade de semeadura.
4. Otimiza o uso do maquinário e mão-de-obra ociosa nos meses de entressafra.
5. Diminui o problema de estoques de adubo na empresa distribuidora e permite que as empresas comercializem o adubo já aplicado.

Como pode ser observado (Figuras 8 e 9), os dados de precipitação e temperaturas médias no ano de 2000 e 2001 na cidade de Uberlândia, comprovam essa ausência de solubilização do fertilizante nos meses de aplicação avaliados.

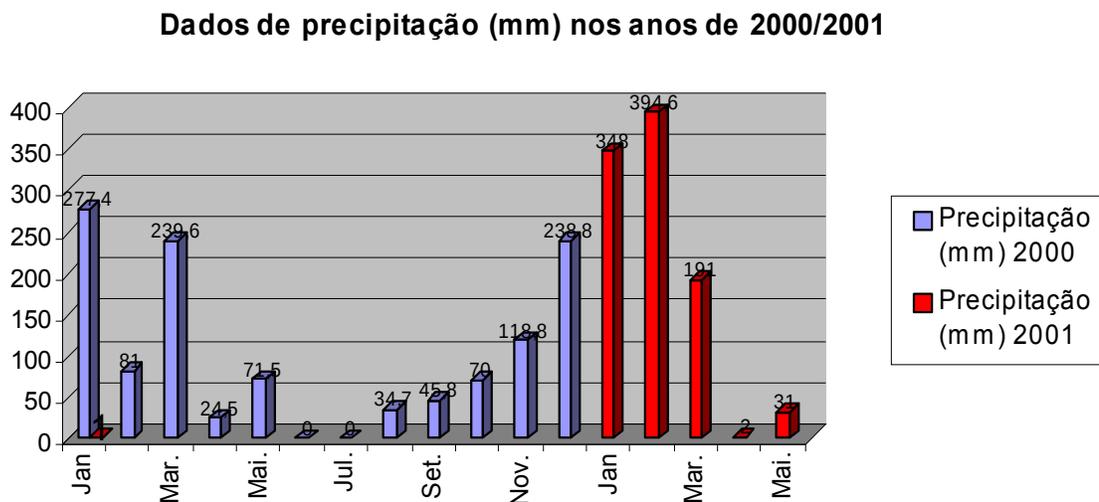


Figura 8 – Precipitação no município de Uberlândia entre os anos de 2000 e 2001.
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – 5º Distrito Parque do Sabiá.
 Estação n° 83527 Uberlândia - MG

Dados de temperatura máxima e mínima (C) em 2000/2001

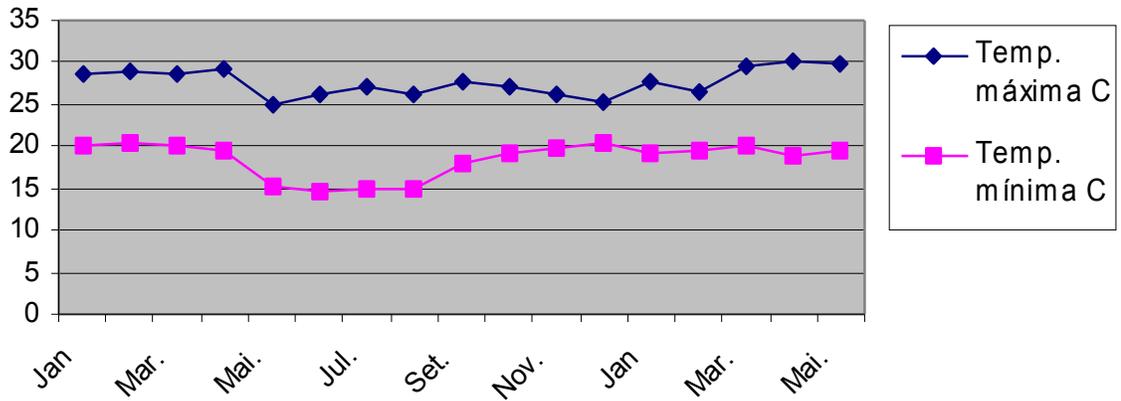


Figura 9 – Temperaturas no município de Uberlândia entre os anos de 2000 e 2001.
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – 5^o Distrito Parque do Sabiá.
Estação n^o 83527 Uberlândia - MG

6 . CONCLUSÃO

Nas condições deste experimento, conclui-se que a adubação com fósforo e potássio em sistema de plantio direto, a lanço, antecipada até 5 meses antes da semeadura, não afetou as variáveis: produtividade, teores de P e K foliar, altura da primeira vagem em relação ao solo e peso de 100 sementes, na cultura da soja. Os teores de P e K do solo não variaram com as épocas de aplicação no mesmo ano, mas aumentaram significativamente com os cultivos sucessivos em todas as épocas de aplicação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1985. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BORGES FILHO, E.L.; FERNANDES FILHO, J.F. Plantio direto na região dos cerrados: evolução recente e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 36., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, Editora S.A. 1998. p. 1035.

CAIRES, E.F. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiências no estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2000, Santa Maria. **Fertibio 2000**. Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG, Viçosa. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja-CNPSo, Londrina. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil-1993/1994**. Londrina, 1993. 120 p. (Documentos, 64)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja-CNPSo, Londrina. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil-2001/2002**. Londrina, 2001. 267 p. (Documentos, 167)

EPSTEIN, M. **Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas**. Tradução e notas de E. Malavolta. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos EDUSP, 1975. 341p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T. ; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.11,n.6, p.929-931, 1977.

GOEDERT, W. J, LOBATO, E. & WAGNER, E., Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.3, p.311-380, 1980.

GOEDERT, W. J. & SOUZA, D. M. G. **Uso eficiente de fertilizantes fosfatados** In: ESPINOZA, W., OLIVEIRA, A. J. (Eds). In: Simpósio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasília. **Anais...** Brasília.: EMBRAPA-ANDA-POTAFOS, p.255-289, 1984.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da soja**. [S. L.]: Ultrafertil, 1987. 40p. (Divulgação Técnica Ultrafertil/ Boletim, 5)

MOSCHLER, W. W., KREBS, R. D., OBENSHAIN, S. S. Availability of residual phosphorus from long-time rock phosphate and superphosphate applications to Groseclore Silt. **Loam. Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, Madison, 21:293-295, 1957.

MUZILLI, O. Influencia do sistema de plantio direto, comparado com convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.

MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V. (Coord.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. Cap.1, p.3 – 16.

NOVAIS, R. F. de ; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa: UFV DPS, 1999. 399p.

OLIVEIRA, L. A.; SMYTH, T. J. ; BONETTI, R. Efeito de adubações anteriores na nodulação e rendimento da soja e do feijão caupi num latossolo amarelo da Amazônia **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.16, p.195-201, 1992.

RAIJ, B. V. **Avaliação de fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato/ Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Editora S.A. 1991. 343p.

ROESSING, A.C.; GUEDES , L.C.A. Aspectos econômicos do complexo soja: sua participação na economia brasileira e evolução na região do Brasil Central. In: ARANTES, N.E.; SOUSA, P.I. de M. de (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1993. 69p.

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, Fundação ABC,1993. 96p.

SCHULTZ, L. ARNO. **Manual de plantio direto: técnicas e perspectivas**. Porto Alegre: Agropecuária, 1978. 84p.

SEDIYAMA, T., PEREIRA, M. G., SEDIYAMA, C. S. ; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. part. 1. 96 p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência no cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2000, Santa Maria. **Fertibio 2000**. Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.

THOMAS, G. W. Fertilization and liming. **In: No tillage crops production**, college of agriculture, Univ. of Kentucky, 1981. P39-80.

YOST, R. S.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C., LOBATO, E. Residual effects of central. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.45, p.540-543, 1981.