

EFICIÊNCIA DE USO DE TERMOFOSFATO DE ALUMÍNIO COMO FONTE DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE FEIJÃO, EM SOLO INCUBADO

Marciana Cristina da Silva¹Fernando Rezende da Costa²

Wilson Mozena Leandro³Antônio Florentino de Lima Junior²

Gisley de Souza Brito⁴Lara Rodrigues da Silva⁵

RESUMO: Uma das razões para a baixa produtividade do feijão no Brasil é a carência generalizada de fósforo nos solos, cujos teores são baixos, insuficientes para o pleno desenvolvimento das culturas. Assim, o fósforo é o nutriente mineral ao qual a produção de sementes de feijão apresenta a maior resposta na adubação. Neste contexto para avaliação a eficiência de fontes de fósforo na produção de feijão, foi conduzido ensaio em condições de casa de vegetação, envolvendo diferentes fontes fertilizantes fosfatado. O experimento foi instalado na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia-Goiás. Os tratamentos consistiram em cinco fontes de fósforo, uma testemunha, sem P e dez repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Sendo: T1- T_Yoorin - Termofosfato Yoorin; T2- FN_Arad - Fosfato Natural Reativo Arad; T3- ST - Superfosfato Triplo; T4- T_Al - Termofosfato de Alumínio em pó; T5- FN_Al - Fosfato Natural de Alumínio; T6- Test - Testemunha – sem adubo fosfatado. O ensaio foi iniciado com a incubação do solo com as fontes de fósforo durante 120 dias para avaliar a disponibilização do fósforo e alumínio no solo, depois foi semeada feijão. Os maiores efeitos residuais dos fertilizantes fosfatados aplicados no crescimento do feijoeiro foram obtidos pelo fosfato reativo de Arad, termofosfato de alumínio e superfosfato triplo. Refletindo na produtividade de grãos e no número de vargens das plantas. Os fosfatos aplicados anteriormente nos vasos e encubados por 120 dias na cultura proporcionou efeito residual, pois interfere positivamente no teor de P foliar e na altura de plantas.

PALAVRAS-CHAVE: fertilizantes fosfatados, *Phaseolus vulgaris* L., solo encubado

EFFICIENCY OF USE OF ALUMINUM PHOSPHATE AS A SOURCE OF PHOSPHORUS IN THE PRODUCTION OF BEANS IN SOIL INCUBATED

¹ Profa PhD em Agronomia, Faculdade Montes Belos. E-mail: marcia.ufg@hotmail.com.

² Prof. Mestre em Agronomia, Faculdade Montes Belos.

³ Prof. Dr. em Agronomia, Universidade Federal de Goiás.

⁴ Prof. Mestre em Física, Faculdade Montes Belos.

⁵ Graduanda em Agronomia, Faculdade Montes Belos.

ABSTRACT: One reason for the low productivity of the beans in Brazil is the widespread lack of phosphorus in soils, whose levels are low, insufficient for the full development of the plants. Thus, phosphorus is the nutrient mineral to which the production of bean seeds has the highest response at fertilization. In this context for evaluating the efficiency of sources of phosphorus in bean production, testing was conducted in greenhouse conditions, involving different phosphatic fertilizers sources. The experiment was conducted in Goiânia, Goiás State, Brazil (16°36'S 49°17'W, 730m). The treatments consisted of five sources of phosphorus, a witness without P and ten repetitions, totaling 60 experimental units. Where: T1 - T_Yoorin - thermophosphate; T2 - FN_Arad - Natural Reactive Phosphate Arad; T3 - ST - Triple superphosphate; T4 - T_Al - thermophosphate aluminum powder; T5 - FN_Al - Natural Aluminum Phosphate; T6 - Test - Witness - no phosphate fertilizer. The assay was initiated with the incubation of the soil with the sources of phosphorus for 120 days to evaluate the availability of phosphorus and aluminum in the soil, then seeded beans. The largest residual effects of phosphate fertilizer applied on the growth of bean plants were obtained by Arad phosphate thermophosphate aluminum and triple superphosphate. Influencing on grain yield and number of string beans plants. Phosphates previously applied on vessels and incubated for 120 days yielded residual effect in culture, it interfered positively in leaf P content and plant height.

KEYWORDS: Phosphate fertilizers. *Phaseolus vulgaris* L. incubation of soil.

INTRODUÇÃO

Uma das razões para a baixa produtividade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil é a carência generalizada de fósforo nos solos, cujos teores são extremamente baixos, insuficientes para o pleno desenvolvimento das culturas (Raij, 1991). Assim, o fósforo é o nutriente mineral ao qual a produção de sementes de feijão apresenta a maior resposta na adubação (Araujo, 1996).

O P desempenha importante papel nas plantas, pois participa da constituição do ATP e de enzimas; quando em baixos teores no solo, a planta tem seu

crescimento prejudicado (Kimani & Derera, 2009). Em relação ao feijoeiro comum, esse nutriente tem proporcionado as maiores e mais frequentes respostas significativas no desenvolvimento dessa espécie, de modo que sua baixa disponibilidade no solo promove menor rendimento da cultura (Pastorini et al., 2000).

Entre os nutrientes, o P é aquele que frequentemente mais limita a produção das culturas nos solos da região de Cerrado (Carvalho et al., 1995). Isso ocorre pelo fato desse nutriente apresentar-se em formas pouco disponíveis aos vegetais e pelas características de elevada adsorção

dos solos dessa região, fazendo com que a eficiência de fertilizantes fosfatados em sistemas de agricultura seja baixa, com somente 10% a 20% do nutriente sendo usado pelas culturas no ano de aplicação, e o valor residual raramente excede 50% (Bolland & Gilkes, 1998).

A oferta de fosfatos naturais como fonte de P culturais anuais, a preços inferiores por toneladas aos dos superfosfatos, tornou-se atrativos no mercado de fertilizantes no Sul do Brasil e aumentou consideravelmente o seu consumo. Sob o nome de fosfatos naturais são reunidos uma ampla gama de minerais fosfatados de diferentes origens e composição, o que lhes confere distintas propriedades e grande variação na sua eficiência como fonte de P às culturas (Peruzzo, 1997). Os fosfatos solúveis (superfosfatos) têm custo muito elevado e os fosfatos naturais brasileiros são de eficiência muito baixa. Uma das alternativas para reduzir os custos pode ser a utilização de fosfatos naturais reativos (FNR), não moídos, cuja importação teve início na década de 90 (Sousa et al., 1999).

Os fosfatos naturais reativos (FNR) são processados de rochas sedimentares, formada pela deposição de restos de animais marinhos e que têm alta

porosidade e reatividade. Esses fosfatos eram importados na forma finamente moída. Recentemente são encontrados no comércio na forma não moída, farelada, cujo custo de processamento é menor, apresentando ainda maior facilidade no manuseio e aplicação. A reatividade química dos fosfatos é estimada, utilizando sua solubilidade em ácidos orgânicos, a eficiência dos fosfatos naturais para as culturas depende de outros fatores relacionados às propriedades do solo, às características da planta e ao método de aplicação (Sousa et al., 2002; Raij, 2004).

Os alumínio fosfatos são materiais constituídos por fosfato de alumínio hidratado, com presença de fosfato de ferro, e que são originados pela ação de dejetos de aves sobre bauxitas, lateritas ou rochas contendo feldspatos. Os fosfatos desse tipo não são prontamente assimiláveis pelas plantas, necessitando ser previamente tratados para sua posterior aplicação como fertilizante. O principal tratamento é o térmico. No Brasil esse tipo de material tem sido pouco empregado apesar da sua potencialidade de utilização. É importante pesquisar novos procedimentos e ações que visam dar maior competitividade ao agronegócio. Na agricultura o termofosfato de alumínio pode agregar valor e melhorar a

produtividade das culturas plantadas comercialmente.

A utilização dos fosfatos aluminosos como fertilizantes tem sido pesquisada desde a década de 60 (Doak et al., 1965; Mason; Cox, 1969) e demonstrado bons resultados para as pastagens australianas, o que desencadeou uma série de trabalhos científicos ao longo das décadas de 70 e 80 (Muller, 1970; Buchan et al., 1970; Lipsett; Williams, 1970; Karlovsky, 1976; Gilkes; Palmer, 1979; Raij; Diest, 1979; Ledgard et al., 1981; Bolland; Bowden, 1982; Bolland et al., 1984). No entanto, o aproveitamento desse produto “in natura” para aplicação ao solo foi desencorajado devido a sua insolubilidade em água.

Um estudo foi conduzido por Lipsett & Williams (1970) com os fosfatos aluminosos de Christmas Island sem tratamento térmico em vários solos australianos deficientes em fósforo, a fim de testar a disponibilidade inicial de P para as plantas. Porém, os resultados não se mostraram satisfatórios em comparação com superfosfatos. Doak et al. (1965) desenvolveram, então, um estudo submetendo esse material a tratamento térmico (calcinação) a diferentes temperaturas, tendo constatado um incremento significativo na sua solubilidade em solução de citrato neutro

de amônio (70% do P solúvel), e sua avaliação a campo mostrou resultados semelhantes ao tratamento com fonte de fósforo solúvel em água.

Gilkes & Palmer (1979) desenvolveram um estudo detalhado do processo de calcinação dos fosfatos aluminosos (crandallita e milisita) encontrados em Christmas Island. Após submeterem o material a diferentes temperaturas (300°C a 1050°C) por seis horas constataram, utilizando técnicas instrumentais como difratometria de raios-x, análise termodiferencial e termogravimétrica, que temperaturas entre 450°C e 600°C promoviam a desestruturação dos minerais resultando em um material amorfo, e temperaturas acima de 650°C conduziam à recristalização do material formando minerais diferentes como whitlockita (β - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) e phosphocristobalita (AlPO_4). Houve a constatação de que o processo de calcinação aumentava a solubilidade daquele material em citrato neutro de amônio para valores próximos de 90%, em relação ao teor total, tendo sido este extrator considerado adequado para avaliação da disponibilidade de P nas amostras.

Câmara et al. (1984) estudaram o processo de calcinação dos fosfato de alumínio aluminosos nacionais. Os autores

submeteram amostras do fosfato de alumínio ao tratamento térmico c, sob altas temperaturas por uma hora e realizaram um teste agrônômico do produto utilizando plantas de milho em vasos. A análise mineralógica do produto detectou que à temperatura de 600°C havia o desaparecimento quase que total da estrutura cristalina do material original, e o aquecimento das amostras a 800°C resultou em recristalização do mineral phosphocristobalita ($AlPO_4$). O aquecimento promoveu o aumento no teor de P_2O_5 total de 31,3% no material original para 35,7% no tratamento a 600°C, e a produção de matéria seca de plantas de milho, cultivadas com adição do produto calcinado ao solo, apresentou incremento positivo de 42% em relação ao tratamento controle.

Neste aspecto, o trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento do feijoeiro comum sob diferentes fontes de fósforo em solos encubados com 120 dias antes do plantio.

1. MATERIAL E MÉTODOS

1.1 Tratamentos

Os tratamentos consistiram em cinco fontes de fósforo, uma testemunha, sem P e dez repetições, totalizando sessenta unidades experimentais. Sendo: T1- T_Yoorin - Termofosfato Yoorin; T2- FN_Arad - Fosfato Natural Reativo Arad; T3- ST - Superfosfato Triplo; T4- T_Al - Termofosfato de Alumínio em pó; T5- FN_Al - Fosfato Natural de Alumínio; T6- Test - Testemunha – sem adubo fosfatado.

Antes da instalação do experimento os solos foram analisados física e quimicamente conforme metodologia de Embrapa (1999). Para o cálculo da quantidade de fertilizante fosfatado foi utilizado a recomendação de 90 Kg. ha⁻¹.

1.2 Instalação

O experimento foi conduzido, em casa de vegetação, em Latossolo Vermelho Distroférico (Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa), com teores baixos de fósforo conforme resultados de análise de solo apresentados na Tabela 1. Nas Figuras 1 e 2 são apresentados dados da implantação e a cultura aos 65 dias após plantio.

A adubação empregada foi calculada de acordo com Souza & Lobato (2004). O solo foi peneirado, calcariado e deixado por 20 dias para reação do calcário, tendo recebido irrigação

diariamente. Após este período foram aplicados os tratamentos nos vasos com 90 kg de P_2O_5 por hectare das fontes utilizadas que foram incorporados ao solo. Foram semeadas três sementes de feijoeiro comum variedade Estilo, tratadas com fungicida (CERCOBIN 500 SC – Iharabas S.A.) e inoculadas por 120 dias, para saber se o fosfatos deixavam alumínio residual.

A adubação de cobertura foi realizada com 60 kg de N e 40 Kg de K_2O por hectare. As plantas foram avaliadas semanalmente quanto à altura, diâmetro e número de folhas. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias utilizando o programa estatístico Statical Analysis System – SAS.

Tabela 1 Atributos químicos do solo antes da montagem do experimento.

Argila	M.O	pH(água)	P(Mel)	P(Res)	K	Ca	Mg	CTC	V	Cu	Fe	Mn	Zn
--dag.dm ⁻³ --			-----mg.dm ⁻³ -----					-----cmolc.dm ⁻³ -----	%	-----mg.dm ⁻³ -----			
51	4,5	5,4	1,3	6,8	50	1,8	0,4	5,7	36,7	1,6	35,0	18,9	2,4



Figura 1. Detalhe do experimento com feijão no plantio.



Figura 2. Detalhe na cultura do feijão no enchimento de vargem aos 65 dias após plantio.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Incubação do solo

Na Tabela 2 são apresentadas a análise de variância e as médias dos atributos químicos do solo. Verifica-se que houve efeito dos tratamentos em todas as variáveis com exceção do Zn, B, Cu, Mn e S. Em geral o uso do fosfato natural de alumínio aumenta os teores de Al e diminui o teor de Ca, Mg, K, P, MO e do pH. Nas Figuras 3.3 a 3.5 são apresentados o comportamento no tempo de incubação nos atributos P, Al e teor de Mn, respectivamente. Verifica-se que o uso do fosfato natural de alumínio provocou alterações substanciais nos teores deste elemento. Porém após o tratamento

térmico do fosfato de Al não houve alterações nestes atributos e seu comportamento foi similar ao Termofosfato Yoorin e ao Superfosfato Triplo. O maior teor de P, no termofosfato de Arad, está relacionado à solubilização pelo extrator Mehlich, do P ligado ao cálcio, deste fertilizante.

O fósforo retido no solo é favorável a sua utilização pelas plantas, porém o “envelhecimento” dessa retenção, formando o P não-lábil é um problema. Novais et al. (2007) relataram que a retenção do P adicionado ao solo ocorre pela precipitação deste elemento em solução com formas iônicas de Fe^{3+} , Al^{3+} e Ca^{2+} , e de maneira mais significativa pela sua adsorção pelos hidróxidos de Fe^{3+} e de

Al³⁺, presentes em maiores quantidades nos solos tropicais mais intemperizados.

Segundo Costa et al. (2006) apud Novais & Smyth (1999), em razão do fator capacidade dos solos de textura

argilosa e de textura média serem elevados, só se conseguem pequenas alterações no P na solução do solo com aplicação de doses muito elevadas de P, que já não são mais econômicas.

Tabela 2 Análise de variância e médias dos atributos químicos do solo incubados com diferentes fontes de P em diferentes estádios de desenvolvimento.

Trat	Ca	Mg	Al	H_Al	K	P	MO	pH	Zn	B	Cu	Fe	Mn	S
	-----cmolc.dm ⁻³ -----				----mg.dm ⁻³ --		-----g.dm ⁻³		CaC	-----Mg.dm ⁻³ -----				
								l ₂						
T_Yoorin	3,38 ab	1,26 b	0,00 b	2,93 b	272,3 8a	18,95 b	17,00 a	5,36 a	11,06 a	0,21a	2,07 a	33,23 ^a	39,3 9 ^a	5,50 a
FN_Arad	3,63 a	1,36 b	0,00 b	3,45 ab	307,1 3a	40,29 a	23,25 ab	5,24 ab	6,46a	0,22a	1,87 a	24,47 dc	37,0 7a	6,06 a
ST	3,25 ab	1,23 ab	0,00 b	3,30 ab	275,0 0a	18,85 b	22,75 ab	5,20 ab	6,09a	0,19a	1,70 a	25,11 dc	35,1 7 ^a	5,30 a
T_Al	3,39 ab	1,30 b	0,00 b	3,30 ab	293,1 3a	11,88 cb	22,88 ab	5,19 ab	7,25a	0,20a	1,77 a	24,29 d	36,5 6 ^a	3,77 a
FN_Al	2,04 c	0,70 c	0,14 a	3,80 a	138,0 0b	12,13 cb	19,63 c	4,79 c	8,05a	0,19a	2,89 a	30,44 ab	23,2 9 ^a	8,47 a
Test	2,35 bc	0,80 bc	0,06 ab	3,51 ab	173,3 8b	9,48c	22,75 bc	4,99 bc	6,38a	0,18a	1,81 a	28,79 bc	24,5 7 ^a	7,91 a
Teste F	6,09 ns	6,83 **	5,29 **	4,31 **	8,79* *	28,20 **	11,55 **	6,54 **	1,2ns	1,57n s	1,59 ns	12,98 **	3,98 ns	1,59 ns
CV%	14,6 8	17,6 4	19,5 9	11,6 6	17,39	12,44	16,79	4,43	23,66	17,27	29,1 8	10,44	19,5 6	23,6 2

T_Yoorin - Termofosfato Yoorin, FN_Arad - Fosfato Natural Reativo Arad, ST - Superfosfato Triplo, T_Al - Termofosfato de Alumínio em pó, FN_Al - Fosfato natural de Alumínio, Test - Testemunha – sem adubo fosfatado. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

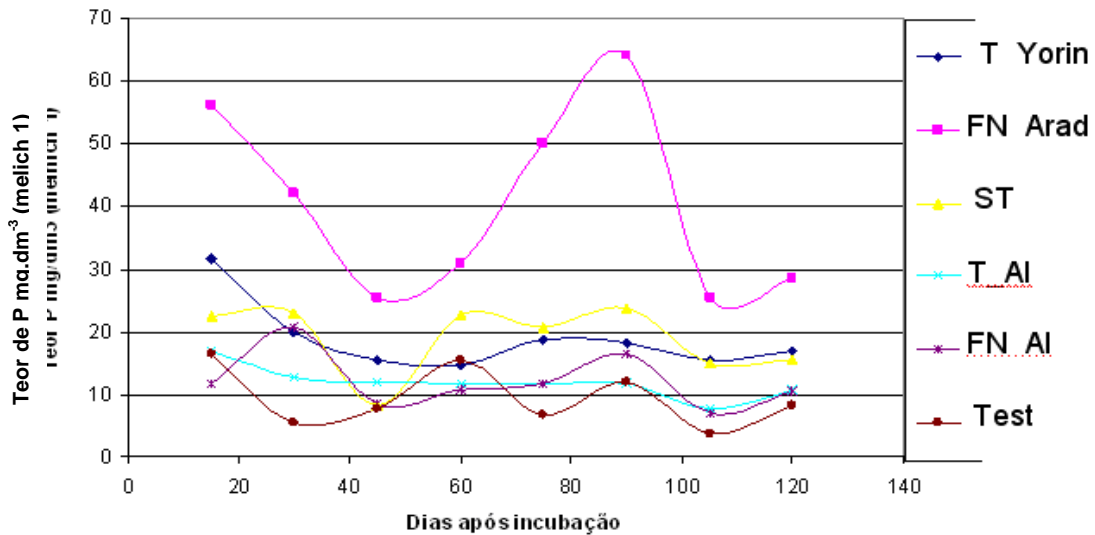


Figura 3 Teores de P Mellich 1 do solo incubados com diferentes fontes de P em diferentes épocas de amostragem. T_Yoorin - Termofosfato Yoorin, FN_Arad - Fosfato Natural Reativo Arad, ST - Superfosfato Triplo, T_Al - Termofosfato de Alumínio em pó, FN_Al - Fosfato natural de Alumínio, Test - Testemunha – sem adubo fosfatado.

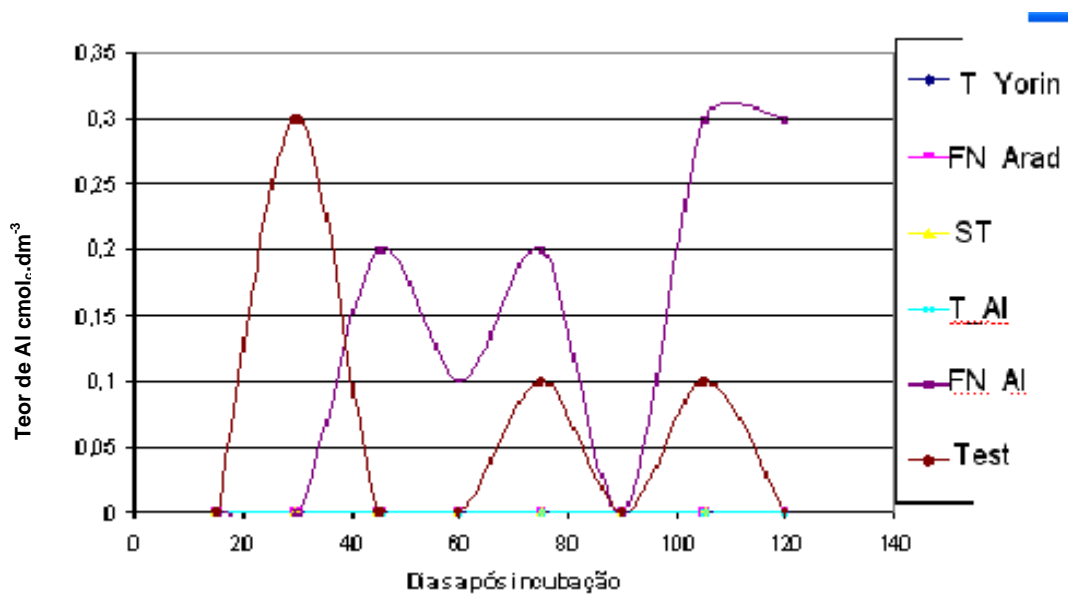


Figura 4 Teores de Al do solo incubados com diferentes fontes de P em diferentes épocas de amostragem. T_Yoorin - Termofosfato Yoorin, FN_Arad - Fosfato Natural Reativo Arad, ST - Superfosfato Triplo, T_Al - Termofosfato de Alumínio em pó, FN_Al - Fosfato natural de Alumínio, Test - Testemunha – sem adubo fosfatado.

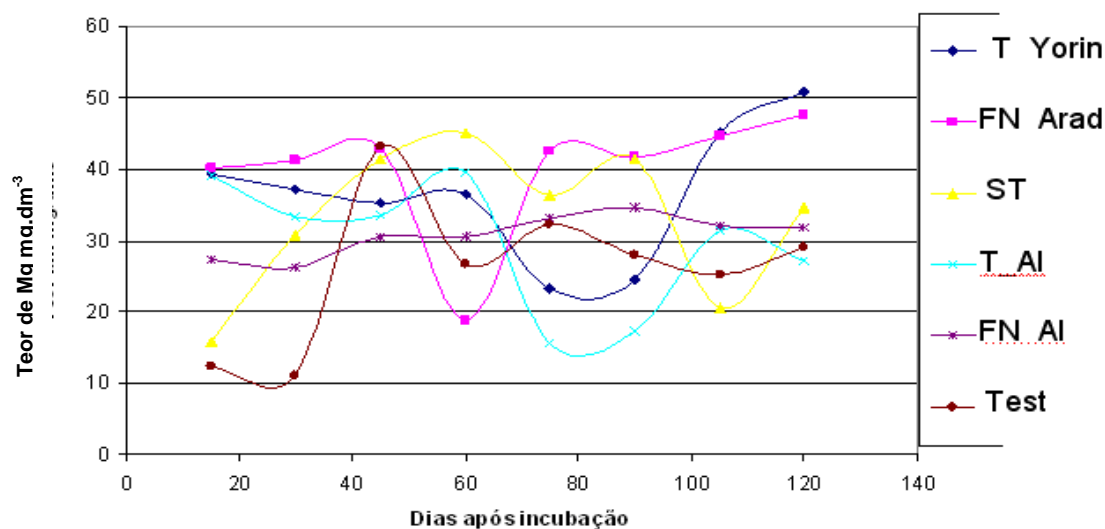


Figura 5 Teores de Mn do solo incubados com diferentes fontes de P em diferentes épocas de amostragem. T_Yoorin - Termofosfato Yoorin, FN_Arad - Fosfato Natural Reativo Arad, ST - Superfosfato Triplo, T_Al - Termofosfato de Alumínio em pó, FN_Al - Fosfato natural de Alumínio, Test - Testemunha – sem adubo fosfatado.

3.3.2 Análise de crescimento do feijoeiro plantado nos vasos incubados

Os resultados das análises de variância são apresentados na Tabela 3. Verifica-se que houve diferenças

significativas quanto a fontes de fosfato e os estádios de desenvolvimento. Houve efeito significativo também na interação entre os fatores. Os coeficientes de variação foram relativamente baixos.

Tabela 3 Análise de variância para o teor relativo de clorofila em feijoeiro comum submetido a diferentes fontes de fósforo em diferentes estádios de desenvolvimento.

Causas da Variação	Número de folhas	Altura de planta	Diâmetro basal da haste
Tratamentos	518,09**	339,86**	143,24**
Estádio de desenvolvimento	20,01**	21,79**	11,24**
Tratamento x Época de Amostragem	4,23**	3,80**	3,83*
Média	23,34 folhas/planta	23,28 cm	4,78 mm
CV (%)	8,34	7,36	4,88

Teste de F, ** - significativo em níveis de $p \leq 1\%$ de probabilidade; * - significativo em níveis de $p \leq 5\%$ de probabilidade e ns – não significativo.

Os desdobramentos dos graus de liberdade da interação significativa são apresentados nas Figuras 6 e 7.

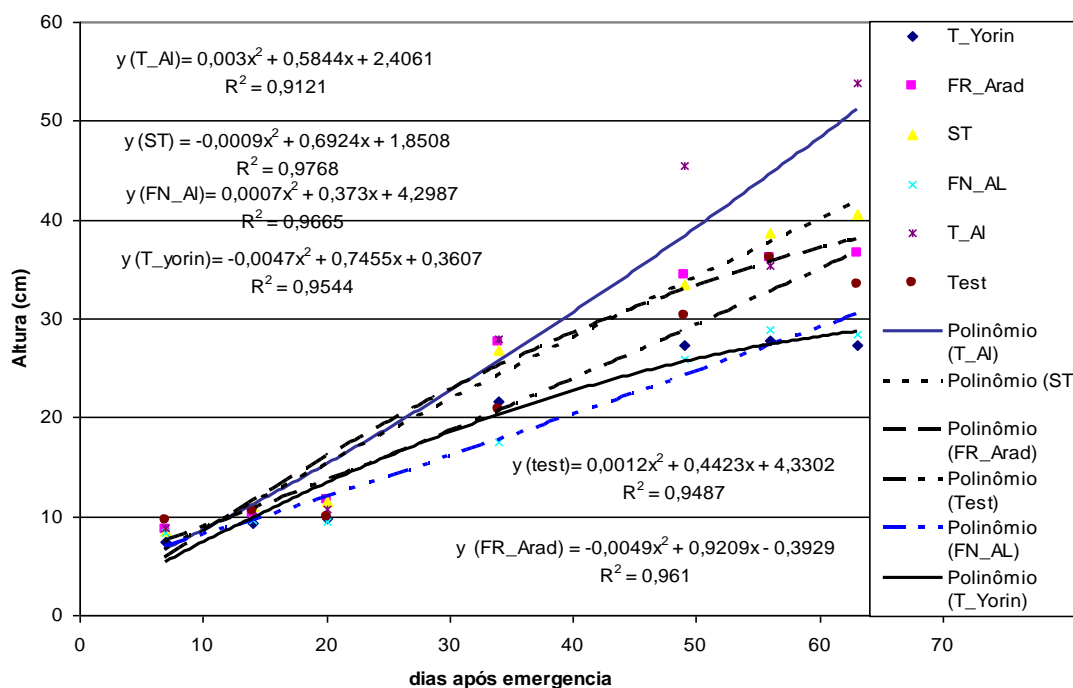


Figura 6 Efeito residual dos tratamentos na altura de plantas do feijoeiro submetida a diferentes fontes de P em diferentes estádios de desenvolvimento. T_Yoorin - Termofosfato Yoorin, FN_Arad - Fosfato Natural Reativo Arad, ST – Superfosfato Triplo, T_AI - Termofosfato de Alumínio em pó, FN_AI - Fosfato natural de Alumínio, Test - Testemunha – sem adubo fosfatado.

Verifica-se que as maiores alturas de plantas, 60 dias após a emergência, foram obtidas pelo Termofosfato de Alumino em pó atestando maior efeito residual destas em relação às demais fontes testadas. O fosfato reativo de Arad e o Superfosfato Triplo apresentaram também bom desempenho nesta variável.

Quanto ao diâmetro basal da haste do feijoeiro comum (Figura 7) verifica-se que os tratamentos que

apresentaram maiores valores aos 60 dias após a emergência foram: Termofosfato Yoorin e Fosfato Natural Reativo Arad. O Termofosfato de Alumínio em pó apresentou também bom desempenho. Por outro lado, o Fosfato Natural de Alumínio sem tratamento térmico teve desempenho semelhante à Testemunha. Quanto à época de amostragem houve incremento das variáveis estudadas com o tempo, consequência do crescimento e do desenvolvimento do feijoeiro comum.

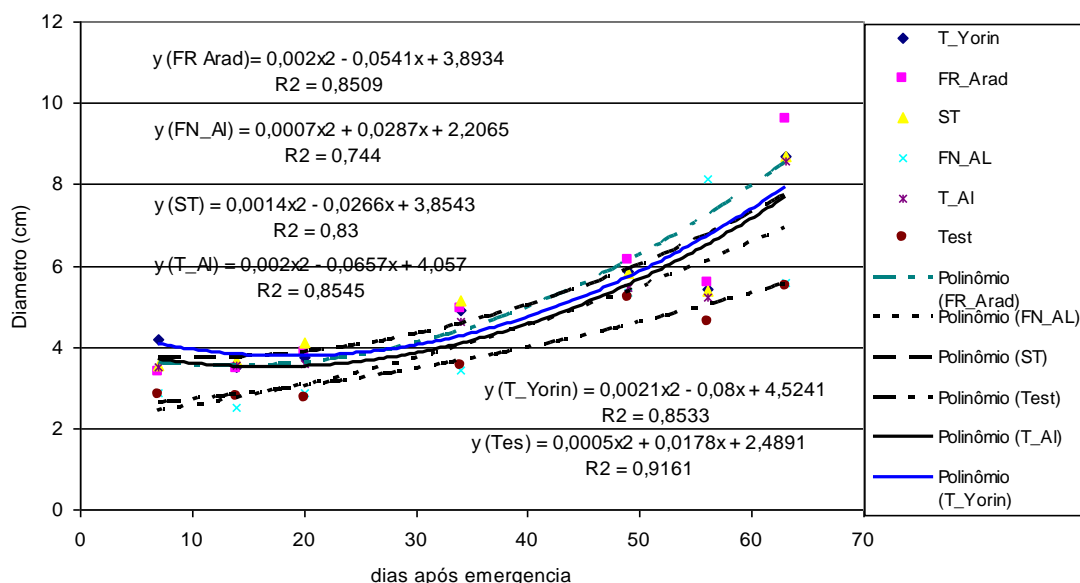


Figura 7 Efeitos residual dos tratamentos no diâmetro de plantas do feijoeiro submetida a diferentes fontes de P em diferentes estádios de desenvolvimento. T1. Termofosfato Yoorin, T2. Fosfato Natural Reativo Arad, T3. Superfosfato Triplo, T4. Termofosfato de Alumínio em pó, T5. Fosfato natural de Alumínio, T6. Testemunha, T7. Termofosfato de Alumínio em pó, T8. Fosfato natural de Alumínio.

3.3.3 Componentes de produtividade

Os resultados das análises de variância são apresentados na Tabela 3.4. Verifica-se que houve diferenças significativas quanto a fontes de fosfato

nos componentes de produtividade. Os coeficientes de variação variaram de 17,8% a 32,0%.

Tabela 4 Análise de variância para os componentes de produtividade do feijoeiro comum submetido a diferentes fontes de fósforo em diferentes estádios de desenvolvimento.

Causa da Variação	Número de vagens/vaso	Número de grãos/vaso	Grãos por vagens	Peso de grãos/vaso
Teste F tratamentos	4,23**	9,92**	3,26**	9,29**
Média	3,94	15,50	4,2	4,20
CV (%)	32,0	27,4	17,8	24,7

Teste de F, ** - significativo em níveis de $p \leq 1\%$ de probabilidade; * - significativo em níveis de $p \leq 5\%$ de probabilidade e ns – não significativo.

Os testes de média são apresentados na Tabela 5. Verifica-se que os componentes de produção foram maiores no superfosfato triplo. Porém os termofosfatos de alumínio não apresentaram diferenças em relação ao superfosfato triplo. O mesmo comportamento foi observado para o fosfato reativo (exceção quanto ao peso de

grão). O fosfato reativo de Arad e o superfosfato triplo apresentaram também bom desempenho nesta variável. Estes dados corroboram com os dados encontrados por Assis et al., (2011), nos qual os autores testaram diferentes fontes de fósforo e observaram que o superfosfato triplo apresentou melhor resultado.

Tabela 5 Componentes de produtividade de plantas do feijoeiro submetidas a diferentes fontes de P.

Tratamentos	Número de vagens/vaso	Número de grãos/vaso	Grãos por vagens	Peso de grãos/vaso
T_Yoorin	3,26 abc	10,80 c	3,48 b	3,17 c
FN_Arad	4,22 abc	16,22 abc	3,79 ab	4,01 bc
ST	5,00 a	19,00 ab	4,10 ab	5,59 a
T_Al	4,80 ab	21,50 a	4,70 a	5,51 a
FN_Al	2,80 abc	10,50 c	3,88 ab	2,93 c
Test	3,10 bc	13,40 bc	4,50 ab	3,98 bc

T_Yoorin - Termofosfato Yoorin, FN_Arad - Fosfato Natural Reativo Arad, ST - Superfosfato Triplo, T_Al - Termofosfato de Alumínio em pó, FN_Al - Fosfato natural de Alumínio, Test - Testemunha – sem adubo fosfatado Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

Por outro lado, o fosfato natural de alumínio, sem tratamento térmico, teve desempenho semelhante à Testemunha. Quanto à época de

amostragem, houve incremento das variáveis estudadas com o tempo, consequência do crescimento e desenvolvimentos do feijoeiro comum.

CONCLUSÕES

Os maiores efeitos residuais dos fertilizantes fosfatados aplicados no crescimento do feijoeiro são obtidos pelo fosfato reativo de Arad, termofosfato de

alumínio e superfosfato triplo. Refletindo na produtividade de grãos e no numero de vargens das plantas.

Os fosfatos aplicados anteriormente nos vasos e encubados por 120 dias na cultura proporciona efeito residual, pois

interfere positivamente no teor de P foliar e na altura de plantas.

O termofosfato de alumínio se mostra viável para aplicação na cultura do feijão dentro das condições estudadas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B. **Arranjo de plantas de sorgo para o semiárido de Minas Gerais**: Arranjo de plantas de sorgo para o semiárido de Minas Gerais. 2009. 125 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F. Addition of organic and humic acids to Latosols and phosphate adsorption effects. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1003-1011, 2003.

ARAÚJO, L. B. **Fontes e modos de aplicação de fósforo na produção e nutrição mineral do milho em primeiro cultivo**: Fontes e modos de aplicação de fósforo na produção e nutrição mineral do milho em primeiro cultivo. 2004. 76 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

ASSAWARACHAN, R.; NOOKONG, M.; CHAILUNGKA, N.; AMORNLERDPISON, D.; ALIMI, B. A.; SHITTU, T. A.; SANNI, L. O.; AROWOLO, T. A.; LI, L.; WANG, X. Effects of microwave power on the drying characteristics, color and phenolic content of *Spirogyra* sp. **Journal of Food**,

Agriculture & Environment (JFAE), Helsinki, v. 11, n. 1, p. 303-311, 2013.

BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

BROCH, D. L.; NOLLA, A.; QUIQUI, E. M. D.; POSSENTI, J. C. Influência no rendimento de plantas de soja pela aplicação de fósforo, calcário e gesso em um Latossolo sob plantio direto. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 10, n. 2, p. 32-45, 2008.

BÜLL, L. T.; FORLI, F.; TECCHIO, M. A.; CORRÊA, J. C. Relações entre fósforo extraído por resina e respostas da cultura do alho vernalizado a adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 508-510, 1998.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; LANDELL, M. G. A.; VASCONCELOS, A. C. M., Misturas em diferentes proporções de fósforo, natural reativo e fosfato solúvel em água para a cana-de-açúcar. In: Congresso Nacional da STAB, 2002, Recife. **Anais... STAB**. p. 218-224.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. Fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 12-21, 1973.

COLOMB, B.; DEBAEKE, P.; JOUANY, C.; NOLOT, J. Phosphorus management in low input stockless cropping systems: Crop and soil responses to contrasting P regimes in a 36-year experiment in southern

France. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 26, n. 2, p. 154-165, 2007.

COSTA, S. E. V. G. D. A.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, Á. V. D.; SILVA, T. O. D.; SILVA, T. R. D. Crescimento e nutrição da braquiária em função de fontes de fósforo. **Ciência e agrotecnologia (Impr.)**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1419-1427, 2008.

COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; STUPIELLO, J. J.; CARNIER, P. E. Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 93-104, 1991.

DA COSTA, J. P.; DE BARROS, N. F.; DE ALBUQUERQUE, A. W.; FILHO, G. M.; SANTOS, J. R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 828-835, 2006.

DA SILVA, F. C.; VAN RAIJ, B. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 267-288, 1999.

DOS SANTOS, V. R.; FILHO, G. M.; DE ALBUQUERQUE, A. W.; DA COSTA, J. P. V.; DOS SANTOS, C. G.; DOS SANTOS, A. C. I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 389-396, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n4/v13n4a04.pdf>>.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos: Embrapa Informática Agropecuária: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; MORAES, M. F. Influence of Lime and Gypsum on Yield and Yield Components of Soybean and Changes in Soil Chemical Properties. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Oxford, n. just-accepted, 2014.

FRANCISCO, E. A. B.; PROCHNOW, L. I.; TOLEDO, M. C. M. D.; FERRARI, V. C.; JESUS, S. L. D. Thermal treatment of aluminous phosphates of the crandallite group and its effect on phosphorus solubility. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 3, p. 269-274, 2007.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas: Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 231 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GOEDERT, W. J.; LOBATO, E. Avaliação agrônômica de fosfato em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 97-102, 1984.

GOEDERT, W. J.; REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. **Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados não tradicionais**: (Documentos, 24). Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1986. 21 p.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Uso de Fertilizantes Fosfatados. In: ESPINOZA, W. O., A. J. (Ed.). **Simpósio**

sobre fertilizantes na agricultura brasileira. Brasília: EMBRAPA-DID, 1984. p. 255-290. (Documentos, 14).

H., K. G.; CABEZAZ, W. L.; HOROWITZ, N. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais estrangeiros na cultura do milho. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1997, Campinas. **Resumos...** SBCS, 1997. p. 26.

LOPES, A. S. Fosfatos naturais. In: RIBEIRO, A. C. G., P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 65-66.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafos, 1997. 308 p.

MCCLELLAN, G. H.; GREMILLION, L. R. Evaluation of phosphatic raw materials. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture.** Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1980. p. 122. 43-80 cap.

MIELNICZUK, J. Análises de solo e sua interpretação. In: GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. (Ed.). **Princípios de Fertilidade do Solo.** Porto Alegre: FA/DS, UFRGS, 1995. p. 33- 46.

MOTOMIYA, W. R.; FABRÍCIO, A. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C.; ROBAINA, A. D.; NOVELINO, J. O. Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 39, n. 04, p. 307-312, 2004.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. Análise e interpretação de potássio no solo. In: YAMADA, T. R., T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 93-118. 3 cap.

NIRO GAZOLA, R.; BUZETTI, S.; DINALLI, R. P.; FILHO, M. C. M. T.; DE SOUZA CELESTRINO, T. Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura de milho. **Revista Ceres,** Viçosa, v. 60, p. 876-884, 2013. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ceres/revistas/V60N006P14312.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2014.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I.; DA SILVA, T. R. B.; DA SILVA, M. A. G. Lime-phosphate relation and soybean growth in an oxisol from no-tillage system. **Journal of Food, Agriculture & Environment,** Helsinki, v. 11, n. 1, p. 294-298, 2013.

NOVAIS, R. F. Utilização de fosfatos naturais de baixa reatividade. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 62-64.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. **Fósforo**. In: NOVAIS, R. F.; H., A. V. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1017.

OBA, C. A. I. **Aproveitamento de materiais marginais para a produção de fertilizantes organo-fosfatados**:

Aproveitamento de materiais marginais para a produção de fertilizantes organo-fosfatados. 2000. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. D. A.; ASSIS, R. D.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.

PELLEGRINI, J. B. R.; RHEINHEIMER, D. R.; GONÇALVES, C. S.; COPETTI, A. C. C.; BORTOLUZZI, E. C.; TESSIER, D. Effect of landscape conformation on phosphorus contamination of fluvial soil sediments in subtropical Brazilian watershed. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 1, p. 201-300, 2007.

PERUZZO, G.; WIETHÖLTER, S., Fosfatos naturais reativos: resultados obtidos no Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília.

Anais... Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 1 CD-ROM.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1991. 343 p.

REETZ, E. R. Anuário brasileiro de Fruticultura. **Gazeta Santa Cruz**, Santa Cruz do Sul, v. 1, p. 136, 2007.

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E., Eficiência agrônômica do fosfato natural da Carolina do Norte em solo de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 1994, Petrolina. **Anais...** EMBRAPA-CPATSA. p. 38-40.

ROSOLEM, C. A. Adubação foliar. In: Simpósio Sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira, 1984, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa Cerrado. p. 419-449.

SANTOS, J. Z. L.; NETO, A. E. F.; DE RESENDE, Á. V.; CARNEIRO, L. F.; CURI, N.; DA SILVA MORETTI, B. Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada em solos de cerrado com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 193-202, 2011.

SEGATELLI, C. R. **Produtividade da soja em semeadura direta com antecipação da adubação fosfatada e potássica na cultura da Euleunice coracana**: Produtividade da soja em semeadura direta com antecipação da adubação fosfatada e potássica na cultura da Euleunice coracana. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - USP, Piracicaba, 2004.

SILVA, H. R. F.; AQUINO, L. A.;
BATISTA, C. H. Efeito residual do adubo
fosfatado na produtividade do girassol em
sucessão ao algodoeiro. **Bioscience
Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, 2011.

SINCLAIR, J. B. Soybeans. In:
BENNETT, W. F. (Ed.). **Nutrient
deficiencies and toxicities in crop plants.**
APS ed. Saint Paul: American
Phytopathological Society, 1993. p. 99-
103.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN,
T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA,
D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado:**

correção do solo e adubação. Planaltina:
Embrapa Cerrados, 2002. p. 147-168.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.;
LOBATO, E.; SOARES, W., Eficiência
agronômica de fosfatos naturais reativos na
região dos cerrados. In: CONGRESSO
BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE
SOLO, 1999, Brasília. **Anais ...** CD-ROM.

YAMADA, T.; E ABDALLA, S. R. S.
Fósforo na agricultura brasileira.
Piracicaba: Associação Brasileira para
Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004.
790 p.