



## DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DA *CROTALÁRIA* ADUBADA COM FOSFATO NATURAL REATIVO EM LATOSSOLO DO CERRADO

Edna Maria Bonfim-Silva<sup>1</sup>, Salomão Lima Guimarães<sup>1</sup>, Juliana Rodrigues da Silva<sup>2</sup>,  
Laura Cristina Rezende das Neves<sup>2</sup>, Tonny José Araújo da Silva<sup>1</sup>

1. Professor Adjunto do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis – Brasil. (embonfim@hotmail.com)
2. Graduandas do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Rondonópolis – Brasil.

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

### RESUMO

A adubação verde proporciona melhorias na fertilidade do solo. Dentre as culturas mais usadas, a *Crotalaria juncea* promove a fixação biológica de nitrogênio, tendo o fósforo papel fundamental nesta reação. A disponibilidade de fósforo em condições naturais no Cerrado é baixa e, devido à sua forte interação com o solo é o nutriente mais utilizado na adubação de culturas, sendo um nutriente essencial nos primeiros estádios de desenvolvimento da planta. Objetivou-se avaliar as características morfológicas e produtivas da *Crotalaria juncea* em resposta à adubação com fosfato natural reativo em LATOSSOLO Vermelho do Cerrado. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UFMT, Campus de Rondonópolis em vasos contendo 5 dm<sup>3</sup> de solo, coletado a uma profundidade de 0-20 cm em área de cerrado nativo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco doses de fósforo: 0, 100, 200, 300, 400 mg dm<sup>-3</sup> (Fonte: fosfato natural Reativo Bayovar), e cinco repetições. As variáveis (número de folhas, leitura SPAD, massa seca foliar, número de nódulos, massa seca de nódulos e massa seca da raiz) foram submetidas à análise de variância e teste de regressão a 5% de probabilidade. As variáveis: número de folhas, leitura SPAD, massa seca de folhas e massa seca da raiz ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, em que os maiores valores observados (78,2; 48,39; 7g; e 4,1g vaso<sup>-1</sup>) foram nas doses de fósforo 286,7; 293,8; 407,08; e 349 mg dm<sup>-3</sup>, com acréscimo de 51,5; 30,5; 87,4 e 91,6% respectivamente quando comparados com a testemunha. Já a produção do número de nódulos e a massa seca dos nódulos ajustaram-se ao modelo de regressão linear, onde os maiores valores encontrados (372 e 0,15 g vaso<sup>-1</sup>), foram observados na dose de fósforo de 400 mg dm<sup>-3</sup>, com incrementos de 85,4 e 93%. A adubação com fosfato natural reativo proporciona desenvolvimento e produção de *Crotalaria juncea* em LATOSSOLO Vermelho do Cerrado.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubação verde, fosfato natural, *Crotalaria juncea*.

## DEVELOPMENT AND PRODUCTION *CROTALARIA* FERTILIZED WITH NATURAL REACTIVE PHOSPHATE CERRADO OXISOL

### ABSTRACT

The green manure provides improvements in soil fertility. Among the crops most commonly used, the *Crotalaria juncea* promotes the biological nitrogen fixation (BNF), and phosphorus critical role in this reaction. The phosphorus availability in natural conditions in the Cerrado is low and due to its strong interaction with nutrient soil is the most widely used fertilizer in this region, by be important in the initial phase of culture, being an essential nutrient in the early stages of plant development. The objective was to evaluate the morphological characteristics and production of *Crotalaria juncea* in response to fertilization with natural reactive phosphate in Cerrado Oxisol. The experiment was conducted in a greenhouse at UFMT Campus Rondonópolis in pots containing 5 dm<sup>3</sup> of soil of 0-20 cm in depth in Cerrado native. The completely randomized design with five doses of was phosphorus: 0; 100; 200; 300 e 400 mg dm<sup>-3</sup> (source of phosphorus: Bayovar phosphate rock), and five replicates. The variables (leaves number, SPAD readings, leaf dry mass, nodules number, dry nodules mass and root dry mass. Submitted to analysis of variance and regression test at 5% probability. The variables leaves number, SPAD readings, leaf dry mass and root dry mass, adjusted to the quadratic regression model, where the highest values observed (78.2; 48.39; 7g; e 4.1g vaso<sup>-1</sup>) were the doses of phosphorus 286,7; 293,8; 407,08; e 349 mg dm<sup>-3</sup> with increase of 51.5; 30.5; 87.4 e 91.6% respectively compared to the control. The production of nodules number, dry nodules mass was adjusted to the linear regression model where the highest values found (372 e 0.15g vaso<sup>-1</sup>), were observed at the dose of phosphorus of 400 mg dm<sup>-3</sup>, with increase of 85.4 e 93%. The fertilization with natural reactive phosphate provides development and production of *crotalaria juncea* in Cerrado Oxisol.

**KEYWORDS:** Green manure, rock phosphate, *Crotalaria juncea*.

### INTRODUÇÃO

A adubação verde do solo é uma prática conservacionista que traz grandes benefícios ao sistema produtivo. Essa adubação, geralmente, é feita com leguminosas, plantas que em simbiose com as bactérias fixadoras de nitrogênio enriquecem o solo com este nutriente (PERIN et al., 2004).

Dentre as diversas leguminosas promissoras na região do Cerrado, a *Crotalaria juncea* é excelente para o sistema agrícola, levando-se em consideração o seu retorno indireto, ou seja, os benefícios gerados às culturas complementares, como reciclagem de nutrientes e aumento da matéria orgânica (AMABILE et al., 2000), porém a *crotalaria* é indicada não somente por promover o aumento da matéria orgânica e nitrogênio do solo, como também por apresentar atributos que permitem usá-las no controle de fitopatógenos e da erosão, na proteção contra os ventos, no controle de plantas invasoras e na atenuação das flutuações da temperatura do solo (WILDNER, 1992).

No Cerrado, a disponibilidade de fósforo em condições naturais é baixa e é tido como fator limitante em solos tropicais (LEÃO, 2006). Devido sua forte interação com o solo, o fósforo é o nutriente mais utilizado na adubação de culturas do cerrado (RAIJ, 1985), e dessa forma a adubação fosfatada é uma prática imprescindível,

por ser o fósforo um nutriente muito importante nos primeiros dias de vida da planta e nenhum outro nutriente pode substituí-lo.

A *Crotalaria juncea* como qualquer outra leguminosa necessita de fósforo para o seu desenvolvimento, pois o fósforo é crucial no metabolismo da planta, atuando na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, além da sua deficiência afetar, de modo generalizado, as simbioses de leguminosas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Assim, a eficiência agrônômica de fosfatos naturais diretamente como fontes de P depende de suas propriedades físicas e químicas, do clima, das propriedades do solo, das espécies de plantas e sistema de cultivo, das práticas de manejo e das interações desses fatores (FRANZINI, 2006).

Dessa forma, objetivou-se avaliar a adubação com fosfato natural reativo no desenvolvimento e produção da *Crotalaria juncea* em LATOSSOLO Vermelho do Cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis, no período de abril a junho de 2011. O solo usado, LATOSSOLO Vermelho, foi coletado em área de Cerrado nativo na profundidade de 0 a 20 cm e peneirado. Foram usados vasos de 5 dm<sup>3</sup>. Os resultados da análise química e física do solo estão contidos na Tabela 1.

**TABELA 1.** Análises químicas e físicas na profundidade de 0–20 cm, do LATOSSOLO Vermelho do Cerrado.

pH	P	K	Ca	Mg	H	Al	SB	CTC	V	M.O.	Areia	Silte	Argila
	CaCl <sub>2</sub> mg dm <sup>-3</sup>					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	mg dm <sup>-3</sup>		g kg <sup>-1</sup>	
4,1	2,4	28	0,3	0,2	4,2	1,1	0,6	5,9	9,8	22,7	549	84	367

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco doses de fósforo: 0, 100, 200, 300, 400 mg dm<sup>-3</sup> (Fonte de fósforo: fosfato natural reativo Bayovar), cinco repetições e cinco plantas por vaso após a semeadura, (Figura 1). Foi realizada a adubação com nitrogênio (50 mg dm<sup>-3</sup>), potássio (100 mg dm<sup>-3</sup>) e enxofre (40 mg dm<sup>-3</sup>), utilizando-se como fontes a uréia, o cloreto de potássio e o sulfato de cálcio. O corte foi realizado 62 dias após o plantio, analisando as variáveis (número de folhas, leitura SPAD, massa seca foliar, número de nódulos, massa seca de nódulos e massa seca da raiz) e separando parte aérea e raiz. O número de folhas foi obtido a partir da contagem das folhas basais até a última folha. Os valores da leitura SPAD (medida indireta do teor de clorofila) foram obtidos por meio do uso de medidor portátil de clorofila modelo SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development, Minolta, Japão) onde, utilizaram-se dez folhas vigorosas por vaso. Os nódulos foram separados, contados, pesados e acondicionados em sacos de papel. As raízes e as folhas também foram pesadas e ensacadas. Os nódulos, as raízes e as folhas foram levados para estufa a 65°C até massa constante. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Todas as variáveis

foram submetidas à análise de variância e teste de regressões lineares e quadráticas a 5% de probabilidade.



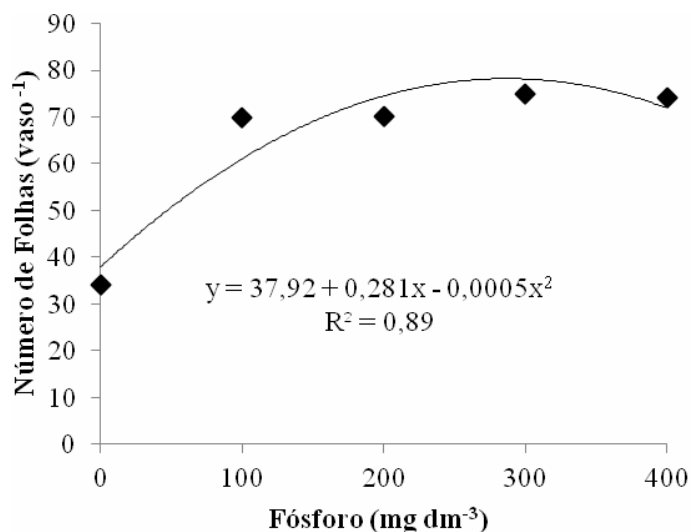
**FIGURA 1.** Curva de crescimento aos 62 dias após semeadura de *Crotalaria juncea* em função da adubação com fosfato natural em LATOSSOLO Vermelho do Cerrado.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para as variáveis analisadas com ajuste ao modelo quadrático de regressão para o número de folhas, massa seca foliar, leitura SPAD e massa seca da raiz. Houve ajuste ao modelo linear de regressão para o número e massa seca de nódulos.

A dose que proporcionou maior número de folhas (78,2), foi de 286,7 mg dm<sup>-3</sup>, com incremento de 51,5% comparado a testemunha (Figura 2). SOUZA SOBRINHO et al. (2010), avaliando número de folhas de *Crotalaria juncea* com adubação fosfatada no solo do Cerrado, observaram aumento linear até a dose de fósforo de 400 mg dm<sup>-3</sup>, aumentando o número de folhas em 92,6%.

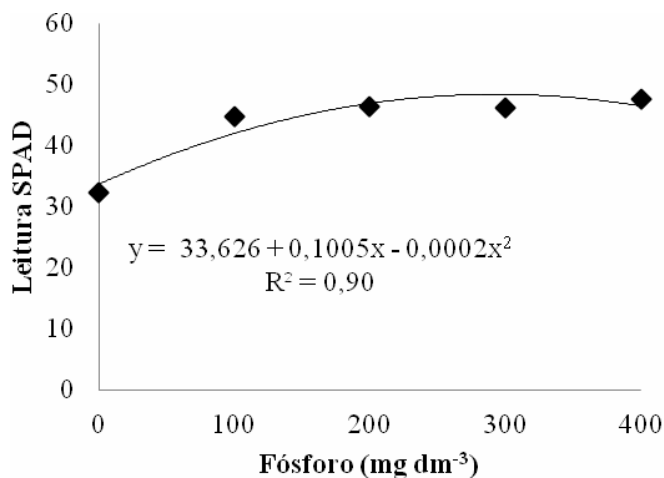
A deficiência de fósforo afeta o crescimento da planta e provoca menor emissão e crescimento de folhas, com menor área foliar, o que limita a captação da radiação solar e, conseqüentemente, menor produção de fotoassimilados (BONFIM-SILVA et al., 2011). De acordo com RUIZ (1986), a baixa disponibilidade de fósforo, predominante na maioria dos solos, faz com que se analisem mais atentamente as condições de meio adequadas para sua absorção e os diversos mecanismos reguladores do suprimento desse nutriente nos vegetais.



**FIGURA 2.** Número de Folhas da *Crotalaria juncea* em função das doses de fósforo em LATOSSOLO Vermelho do cerrado.

O fósforo tem papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, e sua limitação no estágio inicial de desenvolvimento resulta em restrições das quais a planta não se recupera posteriormente (FERNANDES & LEITE, 2004).

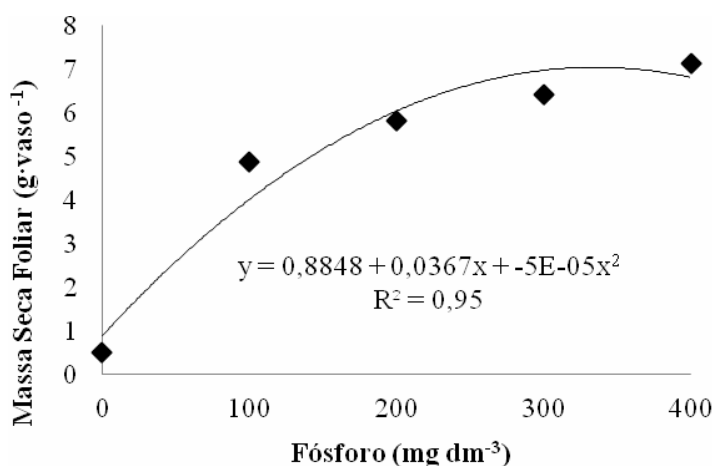
A dose de fósforo que proporcionou maior leitura SPAD (48,4) foi de 293,8 mg dm<sup>-3</sup> com incremento de 30,5% comparado à testemunha (Figura 3). Esses resultados corroboram com os observados por SILVA et al. (2010), onde os autores verificaram que para se obter maior teor de clorofila na folha, foi necessário maior aplicação de fósforo. Assim, fica evidente a necessidade de relacionar a medida do clorofilômetro com a disponibilidade de outros nutrientes, além do nitrogênio.



**FIGURA 3.** Leitura SPAD da *Crotalaria juncea* em função das doses de fósforo em LATOSSOLO Vermelho do cerrado.

A maior produção de massa seca da *Crotalaria juncea* foi observada na dose de fósforo de 407,1 mg dm<sup>-3</sup>, com incremento de 87,4% comparado com a testemunha (Figura 4). Essa resposta positiva, também foi encontrada por FONTENELLI et al. (2011), devido ao papel do fósforo na fotossíntese e, conseqüentemente, no acúmulo de massa seca, mostrando que mesmo via foliar houve benefícios em relação a não aplicação deste elemento (PELÁ et al., 2009).

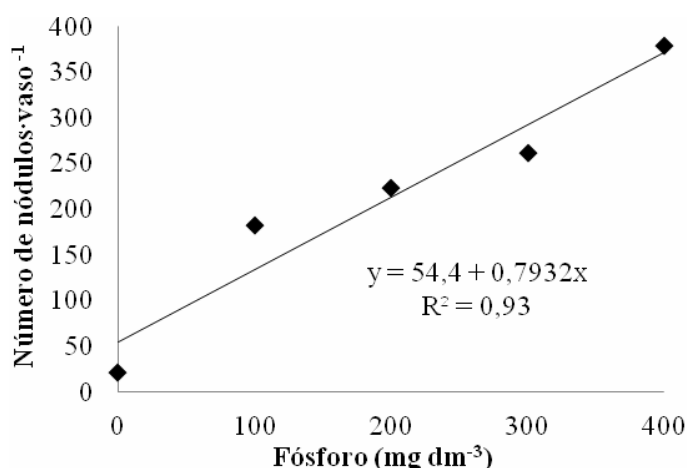
A resposta positiva na produção de massa seca de leguminosas em função do uso de fósforo no estabelecimento é esperada, principalmente em casos onde os valores de fósforo no solo são baixos, como ocorre nos solos de Cerrado (BONFIM-SILVA et al., 2011).



**FIGURA 4.** Massa seca de folhas da *Crotalaria juncea* em função das doses de fósforo em LATOSSOLO Vermelho do cerrado.

Em relação ao número de nódulos, observou-se que o mesmo foi proporcional à dose de fósforo utilizada, sendo a maior nodulação (372 nódulos) encontrada na dose de fósforo de 400 mg dm<sup>-3</sup> com incremento em relação à testemunha de 85,4% (Figura 5). A nodulação aumentou proporcionalmente nos tratamentos porque o fósforo é um nutriente que participa como componente estrutural de adenosina trifosfato (ATP), sendo um elemento-chave de vias metabólicas e bioquímicas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

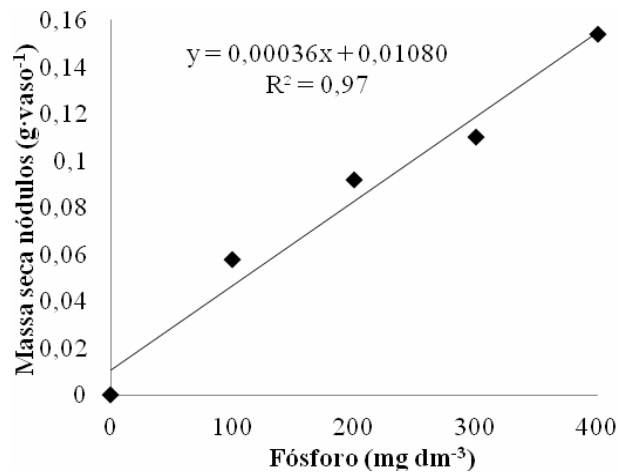
A grande maioria das espécies vegetais, quando em sua fase inicial de desenvolvimento, necessita de maior suprimento de fósforo pelo reduzido desenvolvimento do sistema radicular. Por isso, as leguminosas dependem da simbiose como fonte de nitrogênio e necessitam de altas quantidades de fósforo no solo para suprir a necessidade dos nódulos (BONFIM-SILVA et al., 2011).



**FIGURA 5.** Número de nódulos da *Crotalaria juncea* em função das doses de fósforo em LATOSSOLO Vermelho do cerrado.

Os fotossintatos são importantes para a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e para os organismos fixadores de N<sub>2</sub> porque geram força redutora e ATP para o sistema nitrogenase; são substratos para crescimento e manutenção das células microbianas e suprem esqueletos de carbono, é fonte de ATP e força redutora para a assimilação de NH<sub>3</sub>. Além disso, as estirpes isoladas dos solos ácidos têm se mostrado mais adaptadas o que é explicado pelo fenômeno denominado “acid habituation” (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A massa seca dos nódulos no tratamento com fósforo de 400 mg dm<sup>-3</sup> foi de 0,15g e o incremento em relação à testemunha foi de 93% (Figura 6). À medida que aumentaram as doses de fósforo, elevou-se a quantidade de nódulos e, conseqüentemente, a sua massa seca, corroborando com os resultados encontrados por ARAÚJO et al., (2002).

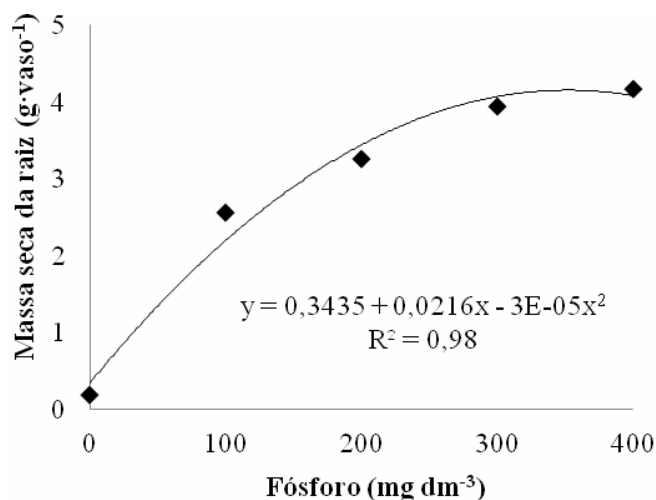


**FIGURA 6.** Massa seca dos nódulos da *Crotalaria juncea* em função das doses de fósforo em LATOSSOLO Vermelho do cerrado.

A maior produção de massa seca da raiz (4,1g) foi observada na dose de 349 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo, com incremento de 91,6% comparada à testemunha (Figura 7). Esses resultados corroboram com os observados por BONFIM-SILVA et al., (2011), em que as doses de fósforo foram limitantes na produção de raízes, o que pôde ser refletido no porte vegetativo das plantas.

A partir do valor da dose ideal ocorreu um decréscimo, pois o fósforo em excesso ocasionou um desequilíbrio dos outros nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta. Com o fornecimento de nutrientes, as plantas se desenvolvem produzindo maior densidade de comprimento radicular, ou seja, maior quantidade de raízes por volume de solo explorado (BILBROUGH, 1995). O fósforo tem grande importância no desenvolvimento e ativação das raízes, o que reflete diretamente na produção das culturas (TIBAU, 1984).





**FIGURA 7.** Massa seca das raízes da *Crotalaria juncea* em função das doses de fósforo em LATOSSOLO Vermelho do cerrado.

### CONCLUSÕES

As características morfológicas e produtivas da *Crotalaria juncea* são beneficiadas pela adubação com fosfato natural reativo em LATOSSOLO Vermelho do Cerrado. Os melhores resultados foram observados nas doses de fósforo entre 280 a 400 mg dm<sup>-3</sup>.

### REFERÊNCIAS

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 47-54, 2000.

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; LIMA, E. R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:183-189, 2002.

BILBROUGH, C. J.; CALDWELL, M. M. The effects of shading and N status on root proliferation in nutrient patches by the perennial grass *Agropyron desertorum* in the field. **Oecologia**, Berlin, v.103, p. 10-16, 1995.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; GONÇALVES, J. M.; PEREIRA, M. T. J. Produção e morfologia da leguminosa java submetida a adubação fosfatada. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.12, 2011.

FERNANDES, A. R.; LEITE A. R. P. Manejo do solo e uso de fertilizante visando à

produção de silagem de sorgo. In: 1º WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1., Belém, 2004. **Anais...** Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, p.53-64, 2004.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**. Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FONTENELLI, J. V; BONFIM-SILVA, E. M; BOSA, C. K; OLIVEIRA, J. R; Produção e morfologia do feijão guandu adubado com fósforo no cerrado. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...** Uberlândia, 2011.

FRANZINI, V. I. **Efeito do superfosfato triplo (32P) na adsorção do fósforo do fosfato natural pelas plantas de milho e soja**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP. Piracicaba, 2006.

LEÃO, Douglas A. S. **Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 2006. 71 f. Dissertação (Mestrado em sistemas agrosilvopastoris no Semi-árido) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos, 2006.

MOREIRA, F. M. de S; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.

PELÁ, A; RODRIGUES, M. S; SANTANA, J. da S; TEIXEIRA, I.R. Fontes de fósforo para adubação foliar na cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 4, p. 313-318, July/Aug, 2009.

PERIN, Adriano; SANTOS, Ricardo H. S.; URQUIAGA, Segundo; Guerra, José G. M.; CECON, Paulo R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n 1, 2004.

RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e necessidade de calcário e fertilizantes para o Estado de São Paulo. **O Agrônomo**. Campinas, v.37, n.1, p. 13-21, 1985.

RUIZ, H.A. Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois latossolos. Viçosa, **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, nº 2, 91-96, Mai., 1995 Universidade Federal de Viçosa, 1986. 86p. Tese (Doutorado) - UFV, 1986.

SILVA, E. F. L; ARAÚJO, A. S. F. de; SANTOS, V. B. dos; NUNES, L. A. P. L; CARNEIRO, R. F. V; Fixação biológica do N<sub>2</sub> em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 394-402, May/June 2010.

SOUZA SOBRINHO, A. F.; BONFIM-SILVA, E. M.; LUZ, V.S.; KAZAMA, E. H.; Número de folhas de Crotalária com adubação fosfatada no solo de Cerrado. In:

18º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, Piracicaba, SP, v.18, 2010.

TIBAU, A. C. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. 3. ed. São Paulo: Editora Nobel, 1984. 220p.

WILDNER, L.P. Utilização de espécies de verão para adubação verde, cobertura e recuperação do solo em Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS 2. Campo Mourão, 1992. **Anais...** Campo Mourão: AEACM, 1992. p.144-160.