



Avaliação da produtividade da soja em diferentes doses de potássio na região de Belterra/PA⁽¹⁾.

Nagib Jorge Melém Júnior⁽⁷⁾; Jean Faber⁽²⁾; Juliano Gallo⁽³⁾; Raimundo Cosme de Oliveira Junior⁽⁶⁾; Alessandra Damasceno da Silva⁽⁴⁾; Daniel Rocha de Oliveira⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Recursos financeiros Embrapa Amazônia Orienta/CPATU, Médio Amazonas;

⁽²⁾ Engenheiro Agrônomo, (Fazenda Cristo Rei); Belterra/PA; e-mail: jean.faber@hotmail.com

⁽³⁾ Engenheiro Agrônomo (Mestre, professor); Centro Universitário Luterano de Santarém- CEULS/ULBRA; Santarém/PA; e-mail: juliano.gallo@sta.incra.br

⁽⁴⁾ Engenheiro Agrícola (Mestre, professor); CEULS/ULBRA; Santarém/PA; e-mail: sda.alessandra@gmail.com

⁽⁵⁾ Médico Veterinário (Mestre, professor); CEULS/ULBRA; Santarém/PA; e-mail: handvet@yahoo.com.br

⁽⁶⁾ Engenheiro Agrônomo (Dr., Professor), Embrapa Amazônia Oriental / CEULS; Santarém/PA; e-mail: raimundo.oliveira-junior@embrapa.br

⁽⁷⁾ Engenheiro Agrônomo (Dr.), Embrapa Amapá; Macapá/AP; e-mail: nagib.melem@embrapa.br

RESUMO: A soja é um dos alimentos consumidos em maior quantidade em todo o planeta, quer seja direta ou indiretamente. O potássio é um dos nutrientes exigidos em maior quantidade pela soja, perdendo apenas para o nitrogênio, sendo fornecido exclusivamente através da adubação mineral. Sua utilização incorreta pode acarretar perdas significativas na produção quando utilizado em doses insuficientes, por ser um nutriente que participa de todos os processos fisiológicos das plantas, ou acarretar um custo elevado para o produtor, quando utilizado em doses além da necessária. Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adubação potássica na produtividade em peso de mil sementes (PMS) e quantidade de vagens por planta, na soja. O experimento foi conduzido no município de Belterra/PA, utilizando o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Os níveis de adubação utilizados foram: zero, 30, 60, 90 e 120 kg de K₂O ha⁻¹ para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 respectivamente. A melhor resposta na produtividade foi alcançada com a dose de 90 kg de K₂O ha⁻¹, atingindo 2.572 kg ha⁻¹. Diferentemente das outras variáveis analisadas, o peso de mil sementes não foi influenciado pela adubação potássica, não apresentado diferença significativa entre todos os tratamentos quando aplicado o Teste Tukey a 5% de probabilidade. A quantidade de vagens por planta mostrou-se crescente com o incremento da adubação potássica, chegando a uma média de 34,75 vagens por planta no tratamento com a maior adubação.

Termos de indexação: *Glycine Max*, Potássio, Produtividade.

INTRODUÇÃO

Atualmente o grande dilema da humanidade é o de suprir a alimentação de bilhões de pessoas famintas. Produzir alimentos de forma segura, sustentável e em quantidade suficiente é um desafio sem precedentes, uma vez que, nos últimos anos, pouco foi o aumento de novas áreas produtivas. O Brasil, segundo maior produtor mundial de soja, produziu na safra 2010/2011, 75 das 263 milhões de toneladas mundiais, perdendo apenas para os EUA (EMBRAPA, 2012). O crescimento da demanda mundial tem alavancado os preços da *commodity*, alcançando altos valores, proporcionando boa lucratividade para o produtor e permitindo investimentos em tecnologia. O estado do Pará, em 14º lugar no ranking nacional de produção de soja, participa com 0,35% da produção nacional. No Município de Belterra/PA, são cultivados 11,8 mil hectares com a oleaginosa, representando quase 10% da produção estadual (SIDRA, 2011).

Clima favorável, largos campos vazios e incremento na produtividade condicionam um constante crescimento na produção de soja sobre a fronteira agrícola no norte do país. Da mesma forma, o consumo de adubos químicos no Brasil também aumentou, chegando a mais de 28 milhões de toneladas, sendo 4,5 milhões apenas de K₂O (ANDA, 2011). Portanto, um bom manejo da adubação, como a aplicação de doses corretas de fertilizantes, especialmente os potássicos, é fundamental para assegurar uma boa lucratividade na lavoura, uma vez que o custo com fertilizante pode chegar a 30% do custo total na cultura (IEA, 2011). As funções do K na planta são tão numerosas e complexas que, até hoje, muitas delas ainda não são totalmente compreendidas (POTAFOS, 1990).

O potássio é conhecido por representar um papel vital na fotossíntese, processo pelo qual a energia



solar, em combinação com água e dióxido de carbono, é convertida em açúcares e matéria orgânica. Também tem sido mostrado que o K tem uma função fundamental na ativação de mais de 60 sistemas enzimáticos em plantas. Contrastando com outros elementos que estão envolvidos na formação da estrutura celular, o K atua no suco celular. A insuficiência de K para atender as necessidades de todas as partes da planta diminui o crescimento e sujeita as culturas a particularidades indesejáveis, tais como o aumento de doenças, quebra de talos ou ramos e susceptibilidade a outras condições de estresses (POTAFOS, 1990).

Borkert e Yamada (2000) avaliaram a resposta da produtividade da soja em diferentes dosagens de K em um latossolo roxo distrófico, com baixa fertilidade e quantidade de K disponível no solo. Dosagens acima de 80 kg de K_2O/ha apresentaram altas produtividades. Correspondente ao nível de adubação, a concentração de K nas sementes exportadas pela cultura também foram maiores, concluindo então que a curva de exportação de potássio é crescente. Disponibilizar doses adequadas de potássio à cultura da soja é de extrema importância, uma vez que em doses insuficientes comprometerá a produção, e em dose além da necessária acarretará um custo de produção altíssimo. Todas as ferramentas disponíveis devem ser utilizadas, e a otimização do uso de fertilizantes é uma delas, fazendo-se necessário o conhecimento das variáveis relacionadas ao K. Portanto, esse trabalho teve como objetivo principal comparar a produtividade de soja na região de Belterra, estado do Pará através da utilização de diferentes doses de potássio na soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, época de plantio e características da área

A avaliação de produtividade iniciaram com o plantio da cultura em janeiro de 2013, na propriedade denominada fazenda Cristo Rei, conforme a **figura 1**, no município de Belterra. A fazenda está localizada a 50 km do município de Santarém e a 7 km Belterra, cultivando soja em uma área de 700 hectares com apenas duas safras realizadas. A calagem foi feita em outubro de 2012 utilizando-se cerca de 3 ton de calcário calcítico, com PRNT em torno de 80%. O solo é classificado como latossolo amarelo distrófico de textura muito argilosa (OLIVEIRA JÚNIOR e CORREA, 2001).

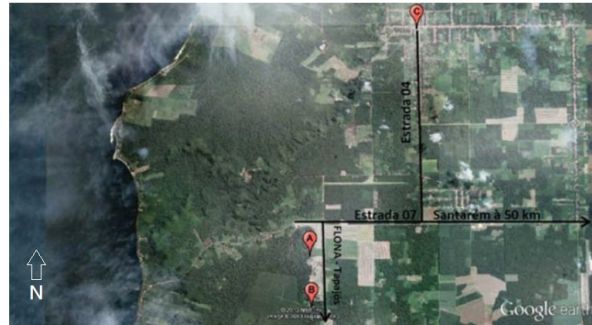


Figura 1- Mapa de localização da área experimental (A), da sede da propriedade (B) e da cidade de Belterra (C).

Tratamentos e amostragens

Amostras de solo foram coletadas antes do plantio (entre 0 e 20 cm) e enviadas para análise. Os resultados mostraram-se favoráveis a uma resposta de uma adubação potássica (**Tabela 1**). O fósforo com $19,1 \text{ mg/dm}^3$ é considerado “muito alto” por compor um solo de textura muito argilosa. Os teores de potássio e cálcio são “médios” e o magnésio “alto” (EMBRAPA, 2010). Segundo Malavolta (2006), algumas relações entre nutrientes também apresentaram bons resultados, com Mg/K e Ca/Mg classificada como “ótima” e Ca+Mg/K como “alta”. A relação Ca/Mg é “baixa”, pelo fato do Magnésio apresentar teor relativamente maior para a cultura da soja do que o cálcio (abaixo de 3 cmolc/dm^3 de cálcio para cada 1 cmolc/dm^3 de magnésio). A saturação por bases (V%), mesmo em um valor abaixo do recomendado para a cultura (ideal entre 50% e 60%) propicia uma condição favorável para o desenvolvimento da cultura.

Tabela 1- Resultado analítico do solo da área experimental.

Química										
pH	P	K	K				H	M.O.		
H_2O	$CaCl_2$	mg/dm^3	Ca	Mg	Al			g/dm^3		
5,9	5,3	19,1	0,13	4,12	1,9	0	7,13	42		
Física										
Areia			Silte				Argila			
168,00			137,00				695,00			
Resultados complementares (calculados)										
S	T	V	Saturação por elemento							
(Soma bases)	(CTC a pH 7)	Sat. bases	K	Ca	Mg	H	Al			
$cmolc/dm^3$	%	%			%					
6,2	13,3	46,3	1,0	31,0	14,3	53,7	0,0			
Relação										
Ca/Mg		Ca/K	Mg/k		Ca+Mg/K					
2,2		31,7	14,6		46,3					

Fonte: autores.



Coleta de dados

O experimento foi implantado utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas. O plantio foi realizado de forma mecanizada com a cultivar FTS4188 (FT Sementes), esta que vem sendo difundida entre os produtores locais, possui um ciclo de 120 dias para a região de Santarém, mostrando-se adaptada às condições agroclimáticas da região. Cada parcela possui um comprimento de seis metros com quatro linhas de plantio de largura, espaçadas 45 cm cada uma, com uma densidade superior a 311.000 plantas por hectare.

Após o plantio do talhão, as parcelas foram divididas fazendo-se o arranquio de plantas, para delimitação de acordo com o croqui da área. A distribuição espacial das parcelas foi determinada através de sorteio. As dosagens de K_2O utilizadas foram de 0 $kg \cdot ha^{-1}$ para a testemunha (T1), 30 $kg \cdot ha^{-1}$ para o tratamento 2 (T2), 60 $kg \cdot ha^{-1}$ para o tratamento 3 (T3), 90 $kg \cdot ha^{-1}$ para o tratamento 4 (T4) e 120 $kg \cdot ha^{-1}$ para o tratamento 5 (T5). As respectivas adubações de K_2O foram feitas 15 dias após o plantio em uma única vez, respeitando a área de cada parcela, a fonte utilizada foi cloreto de potássio (KCl), cuja concentração de K_2O é de 60%.

As sementes foram tratadas com Standak Top (piraclostrobina 2,5 g ingrediente ativo ha^{-1} + tiofanato metílico 22,5 g i.a. ha^{-1} + fironil 25 g i.a. ha^{-1} e inoculante *Bradhrizobium japonicum* (2 doses). Para a dessecação pré-plantio usou-se os herbicidas glifosato (1.620 g equivalente de glifosato ácido ha^{-1}) e 2,4 D-Fluid (2,4-D 403 g i.a. ha^{-1}). No pós-plantio e pré-emergência fez-se uso de Glifosato (1.080 g e.g.a ha^{-1}), Spider (Diclosulan 35,28 g i.a. ha^{-1}) e Kaiso (Lambda-cialotrina 6,25 g i.a. ha^{-1}). Quarenta dias após o plantio, foi realizada a primeira aplicação de fungicida e 20 dias após, a segunda aplicação. Em ambas, foi utilizado Opera (piraclostrobina 66,5 g i.a. ha^{-1} + Epxiconazol 25g i.a. ha^{-1}) e Nomolt (Teflbenzuron 18,75 g i.a. ha^{-1}). A terceira e última aplicação foi realizada 20 dias após a segunda, desta vez com FOX (Triflxistrobina 60 g i.a. ha^{-1} + Protioconazol 70 g i.a. ha^{-1}), Nomolt (Teflbenzuron 22,5 g i.a. ha^{-1}), Abamectina 0,9 g i.a. ha^{-1} e Nuprid (Imidacloprido 126 g i.a. ha^{-1}).

O manejo de plantas, doenças e pragas foi conduzido conforme o desenvolvimento da cultura e sem distinção para os tratamentos. Para a aplicação de defensivos foi utilizado um pulverizador de arrasto Jacto, modelo Colúmbia AD-18, com reservatório de 2.000 l, sendo a faixa de aplicação de 18 m, com vazão de 100 l/ha para todas as aplicações. O índice

de moléstias ou pragas foi irrelevante. A quantidade de vagens foi coletada ao acaso em 4 plantas, obtendo a média de vagens para cada parcela. A debulha das plantas foi realizada manualmente para quantificar o peso de mil sementes (PMS). Os dados foram submetidos às análises estatísticas utilizando os softwares ASSISTAT, versão 7,6 Beta, conforme (Silva, 2009), bem como, planilha eletrônica Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produtividade

As respostas na produtividade da soja foram proporcionais aos incrementos na adubação de K_2O ha^{-1} , conforme a **tabela 2**, partindo de 1.943 $kg \cdot ha^{-1}$ sem adubação potássica, atingindo um teto de 2.572 $kg \cdot ha^{-1}$, com 90 kg de K_2O ha^{-1} . Após atingir este teto, a produtividade diminuiu ligeiramente na dose subsequente, porém, ainda superior aos três tratamentos anteriores. Para análise dos resultados de produtividade foram aplicados dois testes estatísticos, sendo primeiro o teste comparativo de médias, Tukey a 5% de significância, e o teste de regressão polinomial.

Tabela 2- Produtividade de soja e análise de variância de dados.

Tratamentos K_2O em $kg \cdot ha^{-1}$	Produtividade de soja $kg \cdot ha^{-1}$				
	Repetições				
	R1	R2	R3	R4	Média
(T1) 0	1608	2192	1981	1992	1943 b
(T2) 30	2325	2358	2069	2156	2226 ab
(T3) 60	2408	2489	2517	2008	2356 ab
(T4) 90	2694	2433	2717	2444	2572 a
(T5) 120	2775	2386	2642	1900	2426 ab
CV%	10,04				

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,5$). ns não significativo ($p > 0,05$). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (teste de Tukey, 5% de probabilidade). Fonte: Autores.

Os tratamentos com doses de adubação potássica de 30, 60 e 120 $kg \cdot ha^{-1}$ não apresentaram diferença significativa entre si. A testemunha apresentou diferença significativa quando comparado a todos os outros tratamentos, bem como no tratamento com dose potássica de 90 $kg \cdot ha^{-1}$. Ao realizar o teste de análise por regressão linear da produtividade em relação às doses de K_2O verificou-se o coeficiente de determinação $R^2 = 0,762$, mostrando que há significativa em relação a doses de adubação



potássica e produtividade na soja, conforme a **figura 2**.

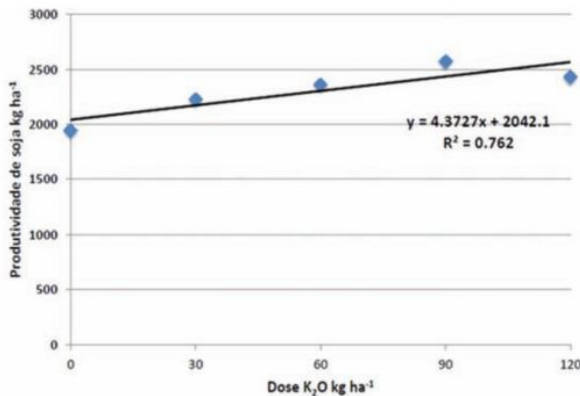


Figura 2- Análise por regressão linear da resposta na produtividade da soja sob diferentes doses de potássio. Fonte: Autores.

Peso de mil sementes (PMS)

Ao aplicar o teste Tukey para comparação das médias para os tratamentos, não houve diferença significativa para o PMS, bem como, correlação ao realizar-se o teste de regressão. O PMS está diretamente relacionado à produtividade, porém, neste trabalho permaneceu inalterada mesmo com altas doses de K₂O ha⁻¹. Isso mostra que os incrementos na produtividade de soja ficaram a cargo de outros fatores, inclusive da quantidade de grãos por planta. França Neto et al. (1985) analisaram a influência da adubação potássica na qualidade dos grãos de soja, obtendo um incremento de 50% no peso de 100 sementes, o que não ocorreu neste trabalho por conta de algum fator alheio, e não identificado.

Quantidade de vagens

A quantidade de vagens mostrou-se crescente com o aumento da adubação potássica. Os tratamentos T2 e T3 não apresentaram diferença significativa entre si, quando aplicado teste de Tukey a 5% de probabilidade, bem como os tratamentos T4 e T5. O tratamento testemunha (T1) apresentou diferença significativa com todos os tratamentos restantes, com o menor número de vagens por planta. Os tratamentos T4 e T5 apresentaram os maiores valores e se mostraram diferentes estatisticamente quando comparado com os demais (**Tabela 3**).

Ao realizar o teste de análise por regressão linear, o coeficiente de determinação também mostrou que a quantidade de vagens foi expressivamente influenciada pela adubação potássica, onde R²=

0,9142, denotando um alto índice de relação, conforme o gráfico da **figura 3**

Tabela 3 – Quantidade de vagens por planta e análise de variância dos dados

Tratamentos K ₂ O em kg.ha ⁻¹	Quantidade de vagens/planta				
	Repetições				
	R1	R2	R3	R4	Média
(T1) 0	27	24	29	21	25,25 b
(T2) 30	32	29	31	27	29,75 ab
(T3) 60	26	35	30	32	30,75 ab
(T4) 90	32	33	31	34	32,50 a
(T5) 120	35	37	34	33	34,75 a
CV%	9,19				

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01). ns não significativo (p > = 0,05). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (teste de Tukey, 5% de probabilidade). Fonte: Autores.

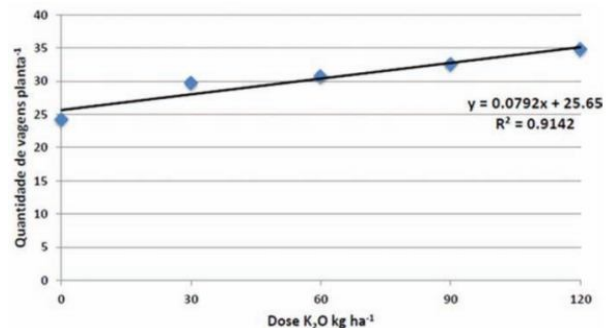


Figura 3- Análise por regressão linear da resposta na quantidade de vagens por planta de soja sob diferentes doses de K₂O. Fonte: Autores.

Quando comparada a quantidade de vagens com a produtividade, observa-se que não houve relação direta entre ambos. A componente produtividade é composta pela quantidade de sementes por cada planta, multiplicado pelo seu peso e densidade. A produtividade se mostrou crescente até a dose de 90 kg K₂O ha⁻¹, decrescendo com a dose seguinte (T5), porém, a quantidade de vagens cresceu em todos os tratamentos, inclusive neste último. A única variável que pode ter influenciado para tal diminuição na produtividade foi a quantidade de sementes por vagem, limitando assim, o aumento de produtividade e trazendo-a a um nível abaixo do tratamento anterior (T4). A diminuição do número de sementes por vagem pode ter sido ocasionada por um desequilíbrio entre a concentração de potássio e os demais nutrientes, uma vez que, quanto maior a adubação potássica maior também será a concentração deste nutriente na folha (BORKERT *et al.*, 1993). No entanto, a quantidade de sementes por vagem não foi quantificada neste trabalho, o que poderia ter confirmado a hipótese levantada anteriormente.



CONCLUSÕES

A maior produtividade de soja foi alcançada com adubação de 90 kg de K_2O ha^{-1} . As doses superiores a 90 kg de K_2O ha^{-1} demonstram baixa resposta quanto à produtividade da soja. Diferentes doses de K_2O ha^{-1} não interferiram no PMS. A quantidade de vagens por planta foi diretamente influenciada pela adubação potássica.

REFERÊNCIAS

- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Consumo de fertilizantes em 2011. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00&ver=ppo>>. Acesso em: 02 dez. 2012.
- BORKERT, C. M.; SFREDO, G. J.; SILVA, D. N. da. Calibração de potássio trocável para soja em latossolo roxo distrófico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.17, p.223-226, 1993.
- BORKERT, C. M.; T. YAMADA. Soybean response to potassium fertilization in a low fertility oxisol. BetterCrops International 14(2): 16-17. 2000.
- BORKERT, C. V. *et al.* Seja o doutor da sua soja. Arquivo do Agrônomo, n.5. Potafos, 1994. 6p. (Informações Agronômicas, n.66).
- BORKERT, C. M.; SFREDO, G. J. Deficiências e toxidades de nutrientes em plantas de soja. Londrina: EMBRAPA Soja, 2004. 44p. ISSN 1516-781X.
- CISOJA. Aspectos Botânicos. Disponível em: <http://www.cisoja.com.br/index.php?p=aspectos_botanicos>. Acesso em: 05 dez. 2012.
- CISOJA. Histórico. Disponível em: <<http://www.cisoja.com.br/index.php?p=historico>>. Acesso em: 05 dez. 2012.
- COSTA, J. A. Cultura da soja. Porto Alegre: I. Mânica. 1996.
- EMBRAPA SOJA. Soja em números (safra 2008). Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=294&cod_pai=16>. Acesso em: 05 dez. 2012.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná. 1993/94. Londrina: OCEPAR/EMBRAPA-CNPS, 1993. 128p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 62).
- EMBRAPA. CNPSO– EMBRAPA SOJA. História. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=112&cod_pai=33>. Acesso em: 05 dez. 2012.
- EMBRAPA. CNPSO – EMBRAPA SOJA. Soja em número (2011/2012). Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=2&op_page=294> Acesso em: 27 mar. 2013.
- EMBRAPA. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. Belém/PA: EMBRAPA–Amazônia Oriental, 2010.262p. ISBN 978-85-87690-59-3.
- FRANÇA NETO, J. de B. *et al.* Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade da semente de soja. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Importância da adubação e da nutrição na qualidade da soja. Londrina, 1990. 57p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 40).
- LOS ANGELES Chinese Learning Center. History of Soybeans 2012. Disponível em: <<http://chinese-school.netfirms.com/soybean-history.html>>. Acesso em: 05 dez. 2012.
- OLIVEIRAJÚNIOR, R. C. de; CORREA, J. R. V. Caracterização dos solos do Município de Belterra, Estado do Pará. Documentos. EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém, v.88, p.1-39, 2001.
- POTAFOS. Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Tradução Bernardo van Raij. Piracicaba: POTAFOS, 1990.
- SIDRA. Banco de Dados agregados – Produção de soja 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl1.asp?c=612&z=p&o=27&i=P>>. Acesso em: 02 dez. 2012.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assisat– Estatistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ONCOMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, RENO-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SOYSTATS. World Soybean Production 2010. Disponível em: <http://www.soystats.com/2011/page_30.htm>. Acesso em 02 dez. 2012.
- TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, A. A.; BORKET, C. M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M. (ed.). Cultura da soja nos Cerrados. Piracicaba: POTAFOS, 1992. p.105-135. 57.
- TISDALE, S. L. *et al.* 1993. Soil Fertility and Fertilizers. In: MALAVOLTA, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p. ISBN 8-0047-1.