



AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMI-ÁRIDO ISSN 1808-6845
Artigo Científico

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA SOBRE DIFERENTES FONTES E DOSES DE ENXOFRE NAS PRODUTIVIDADES: AGRÍCOLA E INDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)

Cícero Alexandre Silva

Engº Agrônomo, M. Sc. em Recursos Hídricos/UFAL. Rio Largo - AL. E-mail: cunhajlx@gmail.com

Jorge Luiz Xavier Lins Cunha

Engº Agrônomo, M. Sc. e Doutorando em Fitotecnia/UFERSA. Mossoró - RN. E-mail: jorge.cunha.xavier@gmail.com

Larissa de Oliveira Fontes

Engª Agrônoma, Mestranda em Fitotecnia/UFERSA. Mossoró/RN. E-mail: larissafontesjp@hotmail.com

Chirlene Lays Alves Alexandre

Engª Agrônoma/UFAL. Maceió - AL. E-mail: chirlenelays@hotmail.com

Ítalo Nunes Silva

Tec. em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Fitotecnia/UFERSA. Mossoró - RN. E-mail: italonunessilva@gmail.com

Tiles Henrique Siquera de Lemos

Engº Agrônomo/UFAL. Maceió - AL. E-mail: tileshenrique@yahoo.com.br

RESUMO - O trabalho objetivou avaliar o impacto técnico e econômica da adubação na cultura a cana-de-açúcar, na Cooperativa Pindorama - AL, com diferentes fontes de sulfato de amônio (SA) e gesso agrícola (GA) e doses (30 e 60kg ha⁻¹) de enxofre. O ensaio constou dos seguintes tratamentos: T₁ = Adubação completa (NPK); T₂ = T₁ + 30kg ha⁻¹ (SA); T₃ = T₁ + 60kg ha⁻¹ (SA); T₄ = T₁ + 30kg ha⁻¹ (GA); T₅ = T₁ + 60kg ha⁻¹ (GA); T₆ = 50%T₃ + 50%T₅, distribuído em quatro blocos ao acaso. Foram feitas observações no solo e na planta, onde se constatou que o enxofre, na forma de S-SO₄⁼², se deslocou para a camada subsuperficial (20-40cm) chegando a elevar o nível deste elemento em até 113% sobre o nível inicial do solo antes da adubação, enquanto no que concerne à folha, não houve variação significativa quando comparado com a testemunha (T₁). Para produtividade de colmos e açúcar, observou-se ganhos significativos para ambos, destacando-se o tratamento T₃.

Palavras chaves: enxofre, colmo, gesso agrícola, sulfato de amônio.

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF DIFFERENT SOURCES AND DOSES OF SULPHUR IN PRODUCTIVITY: AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL SUGAR CANE (*Saccharum spp.*)

ABSTRACT - The study aimed evaluate the technical and economic impact of culture on fertilization cane sugar, in the Cooperative Pindorama - AL, with different sources of ammonium sulfate (SA) and gypsum (GA) and doses (30 and 60kg ha⁻¹) of sulfur. The test consisted of the following treatments: T₁ = full fertilization (NPK), T₂ = T₁ + 30 kg ha⁻¹ (SA), T₃ = T₁ + 60 kg ha⁻¹ (SA), T₄ = T₁ + 30 kg ha⁻¹ (GA), T₅ = T₁ + 60 kg ha⁻¹ (GA), T₆ = 50% + 50% T₃ T₅, distributed in four randomized blocks. Observations were made in soil and plant, where it was found that sulfur in the form of S-SO₄ = 2, moved to the top layer (20-40cm) and even raise the level of this element by as much as 113% over the initial soil before fertilization, while in relation to the sheet, there was no significant change compared with the control (T₁). For productivity of stalks and sugar, there was significant gains for both, especially the T₃.

Keywords: sulfur, stem, gypsum, ammonium sulfate.

INTRODUÇÃO

Atualmente a cana-de-açúcar é cultivada em mais de 120 países tropicais e subtropicais do mundo, sendo que é utilizada na produção e no desmembramento dos seguintes derivados: açúcar (cristal, VHP, demerara e mascavo), álcool (hidratado e anidro), aguardente, melação, rapadura, melado, caldo, bagaço, etc.

No Brasil, a cana-de-açúcar passou a ser cultivada a partir do terceiro decênio do século XVI, desempenhou um papel importante na evolução histórica, sob o aspecto infra-estrutural e sócio-econômico. Os núcleos iniciais da produção canavieira eram localizados na região Nordeste, ao redor de Pernambuco e da Bahia, expandindo-se para o Sudeste, onde sua produção se concentraria nas imediações do Rio de Janeiro e em São Vicente.

No Nordeste brasileiro, a cana-de-açúcar é cultivada em toda sua extensão, tendo como destaque o Estado de Alagoas que detém a maior área agrícola plantada, totalizando em torno de 400.000 hectares, concentrando suas atividades industriais voltadas para sua transformação em açúcar e álcool.

A cana-de-açúcar desempenha grande importância para economia brasileira, em um país que é considerado como o maior produtor mundial dessa matéria-prima e dos produtos açúcar e álcool, os quais o credenciam como o maior exportador do Mundo. Por ser uma cultura que detém o papel fundamental de sustentação econômica em muitas regiões do país, apresenta relevante função sócio-econômica no emprego da mão-de-obra, formação de renda e divisas.

A região nordestina é tradicionalmente considerada como destacada produtora nacional de cana-de-açúcar, participando com uma fatia entre 15 a 20 % do total, vem perdendo posição relativa para o centro-sul ao longo das últimas décadas, causada principalmente pelos constantes estresses hídricos, solos com fertilidade mais baixa e áreas com relativo relevo acidentado, apresenta, ainda, de acordo com Barbosa *et al.*, (2003), uma média de produtividade menor e com um custo maior, quando comparado ao centro-sul, apesar das melhorias observadas nos últimos vinte anos, com o uso de novas variedades melhoradas obtidas por programas nacionais de pesquisa, com destaque para as variedades RB (República Brasil).

O cultivo da cana-de-açúcar se estende pela região da mata costeira de norte a sul do nosso Estado, avançando na direção leste-oeste até uma distância em torno de 100 km, onde se pode constatar a maior

produtividade agrícola, a maior área plantada e o maior nível tecnológico do Nordeste, sendo necessário se preocupar em encontrar alternativa para avaliar qual a melhor dose e fonte de enxofre que possa elevar a produtividade da cana-de-açúcar, já que se trata de um nutriente que é de grande necessidade para cultura e não é contemplada na hora de se fazer a adubação.

A maior parte do enxofre presente no solo está na forma orgânica que, por via microbiana, é convertido a formas mais disponíveis para planta. Não se considerando os solos semi-áridos, onde, devido à drenagem insuficiente, acumulam-se grandes quantidades de sulfatos de potássio, magnésio e sódio, a matéria orgânica é o principal reservatório de enxofre para as culturas (Freney & Swaby, 1975).

O enxofre é um elemento químico importante para a produção de aminoácidos, proteínas e clorofila, ainda, assim, é um componente de vitaminas e de alguns hormônios da planta. Melhora o crescimento de raízes promovendo vigor e robustez. Encontra-se nas plantas nas formas orgânicas de aminoácidos (cisteína, cistina e metionina), bem como em compostos de enxofre [adenosina 5-fosfosulfato (APS) e 3-fosfoadenosina 5-fosfosulfato (PAPS)] (Dechen & Nachtigall, 2007).

O anion SO_4^{2-} é absorvido pelas raízes em baixas quantidades e o seu transporte ocorre principalmente pelo xilema. Em muitos aspectos, a assimilação de enxofre é semelhante à assimilação do nitrato. Por exemplo, a redução é necessária para a incorporação de enxofre aos aminoácidos, proteínas e coenzimas. Nas folhas verdes, a ferredoxina é o agente redutor para o enxofre. Entretanto, ao contrário do N-nitrato, o sulfato pode ser utilizado sem o processo de redução e incorporado as estruturas orgânicas essenciais, como os sulfolipídios nas membranas, ou polissacarídeos, como o agar (Fernandes, 2006).

As folhas, além do SO_4^{2-} , são capazes de absorver também o SO_2 do ar, fazendo-o, porém, de modo pouco eficiente. A utilização direta do enxofre elementar molhável, muito usado como defensivo, foi demonstrada ocorrer nas folhas e frutos de plantas cítricas: empregando-se sua forma marcada (S^{35}) (Vitti *et al.*, 2006).

Algumas enzimas são ativadas pelo sulfato, podendo às vezes substituir o fosfato; acredita-se que a deficiência de proveniente da falta do enxofre afeta o metabolismo de carboidratos da cana-de-açúcar.

Na assimilação do enxofre, as folhas são em geral mais ativas do que as raízes, provavelmente devido ao fato de a fotossíntese disponibilizar a ferredoxina reduzida e a fotorrespiração gerar a serina,

que pode estimular a produção da O-acetilserina. O enxofre assimilado nas folhas é exportado pelo floema para os locais de síntese protéica (frutos, ápices caulinares e radiculares), sobretudo na forma de glutatona, a qual também atua como um sinal que coordena a absorção do sulfato pelas raízes e a sua assimilação pela parte aérea. Além disso, nas folhas, a reação é estimulada pela presença da luz (Frankhauser & Brunold, 1978). Esse estímulo é requerido por causa da necessidade de ferredoxina como um redutor para o carreador de sulfato. Durante o crescimento da folha, a evolução da redução do sulfato é similar à redução do nitrato, ou seja, é máxima durante o período de expansão foliar, mas vai diminuindo drasticamente após a maturação da folha.

O enxofre, presente no solo na forma do íon sulfato, apresenta uma adsorção específica não muito acentuada, conforme se pode observar em solos que possuem cargas elétricas variáveis, por mecanismo de troca iônica, praticamente não interferindo na superfície dos óxidos hidratados, portanto, ocupa uma posição intermediária, sendo retido com muito menos energia que o fosfato, porém com muito mais energia do que o cloreto (Cl^-) ou o nitrato (NO_3^-). Parfitt (1980) sugere a seguinte afinidade de ânions para os solos com superfície de óxidos de ferro ou alumínio hidratados: fosfato > molibdato > fluoreto > sulfato > cloreto > nitrato. O fundamental é a penetração do sulfato na estrutura, o que podem ocorrer bordos de cristais ou em superfícies. Admite-se que, nas superfícies, o sulfato forme uma ponte entre dois átomos de metal (Rajan, 1978; Perfitt e Smart, 1978), causando um aumento do pH do meio, motivado pela liberação de uma hidroxila (OH^-).

Em geral, a retenção de sulfato em solos é menor na camada arável do solo, fato que tem sido constatado de uma maneira muito geral por Couto et al., (1979) e Kamprath et al., (1956). Tal mecanismo pode ser condicionado por três fatores: a) maior eletronegatividade da camada arável, devida aos teores mais altos de matéria orgânica; b) o pH em geral mais elevado, que favorece a dessorção de sulfato e c) a presença de teores elevados de íons fosfato que ocupam preferencialmente as posições que poderiam ser ocupadas pelo sulfato (Raij, 1988).

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em campo da Cooperativa Pindorama, instalado em uma área agrícola comercial na aldeia Boa Vista, município de Coruripe-AL, as amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, com a finalidade de

avaliar a fertilidade, do solo. O solo foi classificado segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), como areia franca na profundidade de 00 a 20 cm e de 20 a 40 cm como sendo franco argilo arenoso.

A aplicação da adubação mineral foi toda colocada em fundação. A variedade estudada foi a RB 92579, o solo foi analisado no laboratório da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Para plantio, utilizou-se cinco rebolos, com três gemas cada um, por metro linear de sulco, juntamente com a adubação de fundação.

Unidade experimental foi constituída por cinco sulcos, com o espaçamento adotado de 1 m entre as linhas e 10 m de comprimento. Apenas os três linhas centrais foram utilizados para as avaliações experimentais.

As análises químicas utilizadas para avaliar a qualidade e quantidade de açúcar presentes na cultura foram: Brix%, Pol%, %Fibra, %Pureza e ATR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos do enxofre no solo

Os resultados das análises químicas do solo, logo após a colheita, estão expressos na Tabela 2, os níveis de enxofre no solo, na forma de sulfato (SO_4^-), nas profundidades de 0-20cm e 20-40cm. Observa-se que, apenas o tratamento testemunha (T_1), que não recebeu enxofre, não apresentou diferença, ao nível deste elemento químico no solo, quando comparado entre as profundidades no perfil do solo; quando se comparou com os demais tratamentos (do T_2 até o T_6) que receberam o nutriente, proveniente de diferentes fontes e dosagens de fertilizantes, nota-se que estes tratamentos apresentaram valores diferentes, para o enxofre, entre as duas camadas do solo, porém, quando se avaliou o solo, nas diferentes profundidades, constatou-se, que o enxofre estava presente em níveis mais elevados na camada mais profunda do perfil de solo (20-40cm), pode-se afirmar com segurança a sua facilidade em se deslocar no perfil do solo com mais facilidade do que os demais nutrientes presentes, corroborando com o que afirmaram Alvarez V. et al., 1970, quando mostraram a mobilidade do enxofre no perfil do solo em direção às camadas mais profundas, caracterizando-se como uma boa alternativa para manejar o solo que apresenta deficiência de cálcio e/ou têm quantidades tóxicas de alumínio na camada subsuperficial (20-40cm), justificando que este é o ambiente propício para utilização adequada do gesso agrícola, visando, também, proporcionar o

deslocamento de outras bases em profundidade para poder favorecer a penetração das raízes das plantas.

Pode-se observar, na Tabela 2, com o aumento no nível de enxofre, na camada subsuperficial, que os tratamentos T₃ e T₅, que receberam a dose de 60kg de enxofre, nas formas de sulfato de amônio e de gesso agrícola alcançaram, respectivamente, de 113% e 110%, superiores ao tratamento T₁ (sem enxofre), sendo estes valores (21,30 e 21,00 µg ml⁻¹) são classificados como níveis médios no solo. Seguindo o

mesmo raciocínio, para os tratamentos T₂ e T₄, que receberam, respectivamente, a dose de 30kg de enxofre, apresentaram resultados superiores em: 70% e 93%, à testemunha T₁, demonstrado, então, para as situações descritas anteriormente, que o enxofre fornecido, tanto pelo sulfato de amônio como pelo gesso agrícola, foi eficiente para se deslocar até a camada subsuperficial do solo, demonstrando que com a elevação da dose do elemento químico, aumentava, também, o seu nível na respectiva camada do solo.

TABELA 2. Resultados das análises químicas⁽¹⁾ de algumas determinações no solo, nas camadas de 0-20cm e 20-40cm, após a colheita da cana-de-açúcar.

TRATAMENTOS	Prof Cm	pH 1:2,50	P µg ml ⁻¹	K µg ml ⁻¹	S-SO ₄ µg ml ⁻¹	Ca+Mg cmol _d dm ⁻³	Al cmol _d dm ⁻³
T ₁ –Sem enxofre	00-20	5,25	35,50	95	11,50	2,35	0,30
	20-40	4,65	5,95	45	10,00	1,40	1,20
T ₂ –30kg ha ⁻¹ de S e Sulfato de amônio	00-20	5,65	80,50	108	13,20	4,45	0,10
	20-40	4,52	2,20	32	17,00	1,10	1,00
T ₃ –60kg ha ⁻¹ de S e Sulfato de amônio	00-20	5,7	38,00	115	11,80	3,00	0,10
	20-40	4,70	3,20	24	21,30	1,00	1,30
T ₄ – 30kg ha ⁻¹ de S e Gesso agrícola	00-20	5,45	38,10	104	12,80	3,25	0,10
	20-40	4,55	4,00	23	19,30	0,80	1,30
T ₅ – 60kg ha ⁻¹ de S e Gesso agrícola	00-20	5,60	48,00	103	13,50	3,80	0,12
	20-40	4,80	6,80	38	21,00	1,70	1,00
T ₆ – 50% T ₃ + 50% T ₅	00-20	6,06	69,00	141	14,00	6,30	0,05
	20-40	5,10	4,50	34	17,30	1,10	0,70

⁽¹⁾Média de quatro repetições, feita no LAPA/CECA/UFAL.

Efeitos do enxofre na folha

Pode-se observar na Tabela 3 as médias das análises químicas dos níveis de nitrogênio, fósforo e enxofre presentes nas folhas de cana-de-açúcar nos diferentes tratamentos. Nota-se que praticamente todos

os tratamentos que receberam enxofre não apresentaram diferença estatística, porém, apenas, foram superiores ao nível apresentado pela testemunha, para todas as observações analisadas.

TABELA 3. Resultados das análises químicas⁽¹⁾ para algumas determinações (N, P e S) na folha da cana-de-açúcar, mediante coleta feita 120 dias após o plantio.

TRATAMENTOS	N(mg g ⁻¹)	P(mg g ⁻¹)	S(mg g ⁻¹)
T ₁ –Sem enxofre	12,40	2,40	0,80
T ₂ –30kg ha ⁻¹ de S e Sulfato de amônio	13,30	2,60	1,10
T ₃ –60kg ha ⁻¹ de S e Sulfato de amônio	12,50	2,50	1,20
T ₄ – 30kg ha ⁻¹ de S e Gesso agrícola	13,20	2,70	1,19
T ₅ – 60kg ha ⁻¹ de S e Gesso agrícola	12,60	2,90	1,20
T ₆ – 50% T ₃ + 50% T ₅	12,50	2,70	1,00

⁽¹⁾Média de quatro repetições, feita no LAPA/CECA/UFAL.

Produtividade agrícola de colmos (t.ha⁻¹)

Os resultados contidos na Tabela 4, referentes à produtividade agrícola de colmos de cana-de-açúcar, quando se aplicou o teste de F, houve diferença estatística entre os tratamentos, também observa-se que o tratamento T₃ foi o que apresentou diferença

significativa, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, superando a testemunha (T₁) em 18,72%, ou seja, apresentou uma produção de 21,57 toneladas de colmos por hectare, além de produzir 33,58kg de colmos com 1kg de enxofre, mostrando que a cultura responde positivamente, do ponto de vista agrícola como econômico.

TABELA 4. Resultados da produtividade agrícola (colmo) e industrial⁽¹⁾(açúcar) da cana-de-açúcar obtidos na Cooperativa Pindorama.

TRATAMENTOS	COLMOS (t ha ⁻¹)	AÇÚCAR (t ha ⁻¹)
T ₁ –Sem enxofre S	115,21 b	14,48 a
T ₂ –30kg ha ⁻¹ de S e Sulfato de amônio	121,99 ab	14,89 a
T ₃ –60kg ha ⁻¹ de S e Sulfato de amônio	136,77 a	18,25 b
T ₄ – 30kg ha ⁻¹ de S e Gesso agrícola	113,63 b	14,81 a
T ₅ – 60kg ha ⁻¹ de S e Gesso agrícola	122,17 ab	15,88 ab
T ₆ – 50% T ₃ + 50% T ₅	119,64 ab	15,05 a
MÉDIA GERAL	121,57	15,56
DMS (5%)	21,54	3,05
CV (%)	7,70	7,51

⁽¹⁾Média de quatro repetições, feita no Laboratório industrial da Destilaria Pindorama.

Os demais tratamentos (Tabela 4) não apresentaram diferença significativa quando comparados entre si, ao nível de 5% de probabilidade, quando se aplicou o teste de Tukey, porém, foi possível constatar que, independente da fonte de enxofre que foi utilizada, o ensaio mostrou que foi bem conduzido, conforme atesta o coeficiente de variação, que, segundo Gomes, 1976, é considerado como ótimo para trabalhos conduzidos ao nível de campo.

Com relação à produção industrial de açúcar se pode observar, pela Tabela 4, que os tratamentos apresentaram, pelo teste de Tukey, diferenças estatísticas entre si, quando comparados ao nível de 5% de probabilidade, destacando-se apenas o tratamento T₃, em relação aos demais tratamentos, chegando a produzir 3.770kg de açúcar a mais que a testemunha (T₁), possibilitando afirmar que cada kg de enxofre aplicado, através do sulfato de amônio, reverteu em 62,83kg de açúcar.

Idêntico raciocínio pode ser atribuído às doses de enxofre fornecidas pelo gesso agrícola, mediante a utilização dos tratamentos T₄ e T₅, correspondendo, respectivamente, a 330kg e 570kg de açúcar produzidos a mais do que o tratamento T₁, assim como se notou que o tratamento T₂ também produziu 410kg de açúcar a mais que este.

Vale salientar que independente dos tratamentos terem apresentado produções próximas do tratamento controle, apresentou um coeficiente de variação considerado baixo, demonstrando que houve precisão na condução do trabalho (Gomes, 1976).

CONCLUSÕES

Dentre as fontes de enxofre estudadas, o sulfato de amônio se destacou mais que o gesso agrícola, independente da dose utilizada.

Dentre as doses de enxofre estudadas, a de 60kg ha⁻¹, proveniente do sulfato de amônio, foi a que apresentou as maiores produtividades: agrícola e industrial da cana-de-açúcar.

O enxofre, avaliado na forma de S-SO₄⁼, deslocou-se no solo em profundidade, alcançando a camada de 20-40cm, para todos os tratamentos que receberam o mencionado nutriente.

As análises químicas na folha praticamente não apresentaram diferenças no teor de enxofre, apenas se notou uma pequena variação entre a testemunha (T₁) e os demais tratamentos.

A dose de 60kg ha⁻¹, fornecida pelo sulfato de amônio produziu, respectivamente, 21,57 toneladas de colmos e 3,37 toneladas de açúcar por hectare, além da testemunha.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

BARBOSA, G.V.S.; SOUZA, A.J.R.; ROCHA, A.M.C.; SANTOS, A.V.P.; RIBEIRO, C.A.G.; BARRETO, E.J.S.; MOURA FILHO, G.; SOUZA, J.L.; FERREIRA, J.L.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; FERREIRA, P.V.; SILVA, W.C.M. Três Novas Variedades RB de Cana-de-açúcar. *Boletim Técnico PMGCA*; n 2. Maceió. 2003.

COUTO, W.; LATHWELL, D.J. & BOULDIN, D.R. **Sulfate sorption by two Oxisols and an Alfisol of the tropics.** *Soil Sci.*127:108-16. 1979.

DECHEN, A.R. & NACHTIGALL, G.R. III – **Elementos requeridos à nutrição de plantas.** SBCS, Viçosa, 2007. Fertilidade do Solo, p.91-132. (eds. NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L.), 1.017p.

ACSA



AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMI-ÁRIDO ISSN 1808-6845

Artigo Científico

- FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. SBCS, Viçosa, 2006, 432p.
- FRENKHAUSER, H. & BRUNOLD, C. **localization of adenosine 5'-phosphosulfate sulfotransferase in spinach leaves**. *Planta*, 143:285-289, 1978.
- FNIE (Fédération Nationale de L'Industrie des Engrais). **La fertilization**. Paris, FNIE. 1974.
- FRENEY, J.R. & SWABY, R.J. Sulphur transformation in soils. In: McLACHLAN, K.D. **Sulphur in australasian agriculture**, Sidney, Sidney University Press, 1975.
- FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2004. P.40-75.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. USP/ESAL, São Paulo, Nobel, 6ª Ed., 1976. 430p.
- KAMPRETH, E.J.; NELSON, W.L. & FITTS, J.W. The effect of pH, **sulfate and phosphate concentrations on the adsorption of sulfate by soils**. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 20:463-466, 1956.
- MALAVOLTA, E. & NETTO, A.V. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. Piracicaba-SP, POTAFOS. 1989. 153p.
- PAIS, I.; JONES JUNIOR, J. B. **The handbook of trace elements**. Boca Raton, St. Lucie Press, 1996. 223p.
- PARFITT, R. L. Chemical properties of variable charge sols. In: THENG, B.K.G. (Ed.), **Soils with variable charge**. P. 167-194. New Zealand Society of Soil Science, 1980.
- PARFITT, R.L. & SMART, R.S.C. **The mechanism of sulfate adsorption on iron oxides**. *Soil Sci. Soc. J.* 42:48-50, 1978.
- RAIJ, B. VAN. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no sub-solo**. São Paulo, ANDA. 1988. 88p.
- RAJAN, S.S.S. **Sulfate adsorbed on hydrous alumina, ligands displaced, and changes in surface charge**. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:39-44, 1978.